

C. Zenovel

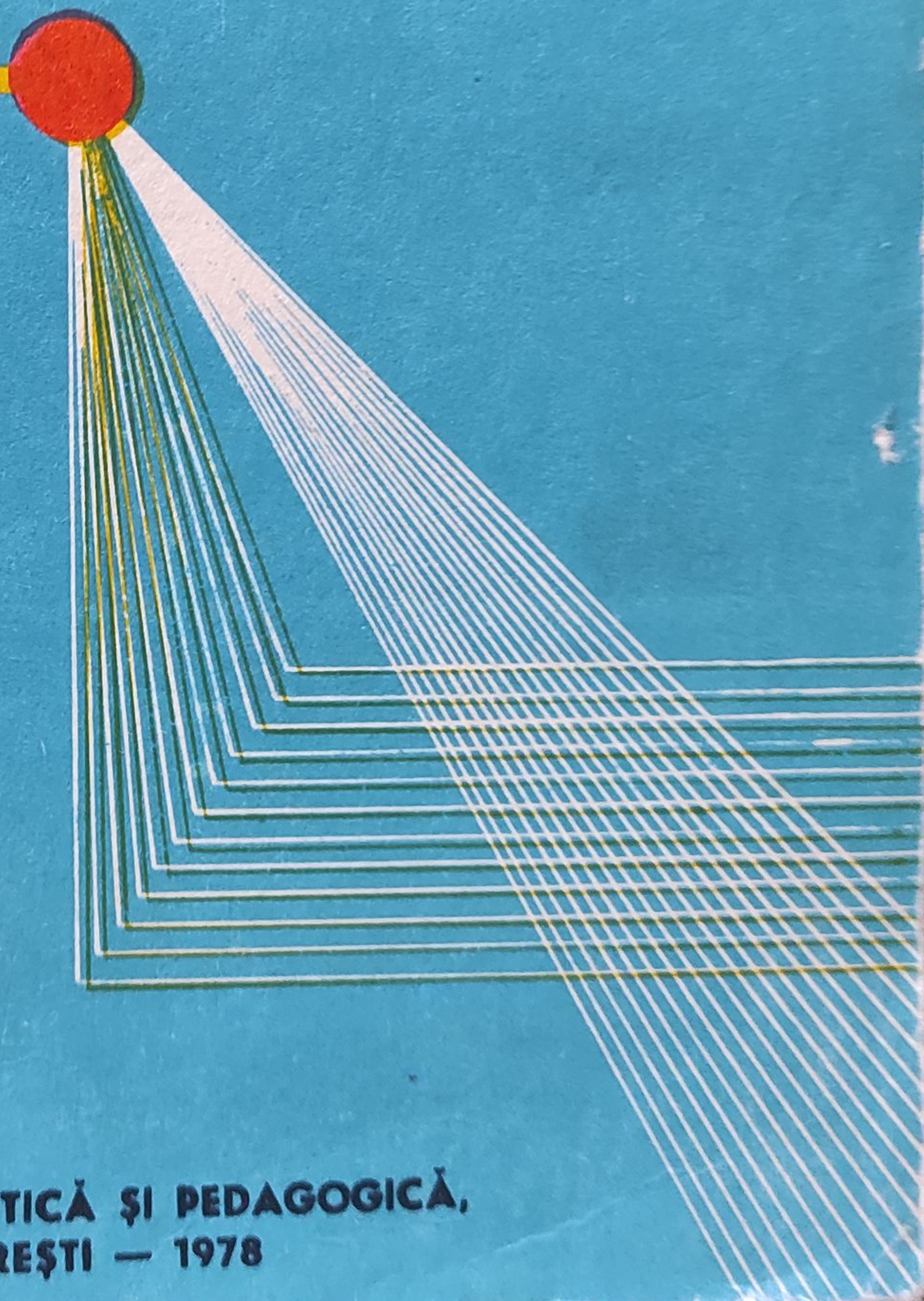
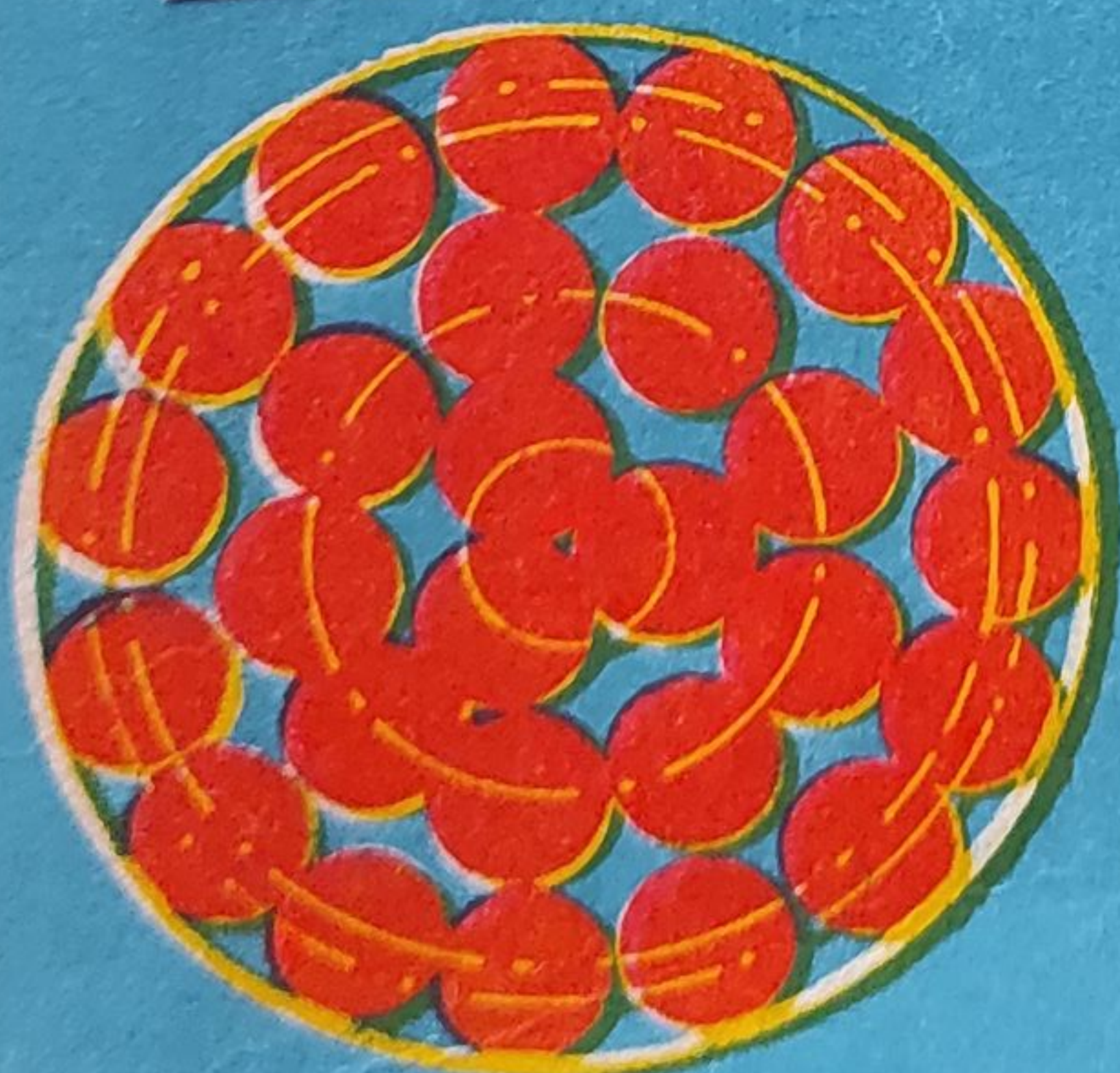
V. Hîncu

# Manualul opticianului

Pentru școli profesionale



1175.772



EDITURA DIDACTICĂ ȘI PEDAGOGICĂ,  
BUCUREȘTI — 1978



150  
Ing. C. Zenovei

P  
Ing. V. Hâncu

48547

# Manualul opticianului

Pentru școli profesionale



Editura didactică și pedagogică, București - 1978



## Capitolul 1

### NOȚIUNI GENERALE DE TEHNICA SECURITAȚII MUNCII

#### 1.1. Generalități

Măsurile de protecție și securitate a muncii se stabilesc prin lege, așa cum prevede Constituția Republicii Socialiste România în alineatul 2 al art.18. Ca urmare, prin Legea nr.5/1965, s-a statuat principiul că, în țara noastră, "protecția muncii constituie o problemă de stat".

Protecția muncii face parte integrantă din procesul de muncă. Scopul său este de a asigura cele mai bune condiții de muncă, de a preveni îmbolnăvirile profesionale. Ea cuprinde:

1.1.1. Tehnica securității muncii, adică măsurile obligatorii pentru organizarea și executarea muncii în condiții tehnice optime, care să prevină accidente în muncă și îmbolnăvirile profesionale.

1.1.2. Igiena muncii, în care sînt incluse mijloacele pentru păstrarea sănătății și de prevenire a bolilor limitate la desfășurarea procesului de muncă.

1.1.3. Legislația protecției muncii cuprinde totalitatea măsurilor, introduse în acte normative, menite să asigure celor ce muncesc condiții de lucru în vederea unei juste folosiri a capacității lor de muncă pentru realizarea unei productivități deosebite.



## 1.2. Legislația muncii

Legislația muncii cuprinde regulile obligatorii stabilite de stat prin legi, decrete și alte acte juridice care reglementează raporturile sociale de muncă. Aceste raporturi se stabilesc între oamenii muncii (care se angajează) pe de o parte, și instituții, întreprinderi și organizații economice (care îi angajează) pe de altă parte. Regulile obligatorii stabilite de stat arată drepturile și obligațiile atât ale oamenilor muncii, în calitatea lor de angajați, cât și ale celor care angajează.

O parte însemnată a legislației muncii o formează regulile obligatorii stabilite de stat cu privire la protecția muncii, constituind legislația protecției muncii.

Actele normative care stau la baza organizării protecției muncii sînt Legea nr.5/1965 și "Normele de protecție a muncii".

Normele de protecție a muncii includ: normele republicane, normele departamentale și instrucțiuni proprii.

- Normele republicane sînt stabilite de Ministerul Muncii împreună cu Ministerul Sănătății și au caracter general obligatoriu. Ele cuprind măsurile tehnice și organizatorice care trebuie luate de unități, obligatorii, pentru ca activitatea să se desfășoare în condiții optime prevenind accidentele de muncă și îmbolnăvirile profesionale, precum și norme de igienă a muncii, adică condițiile care trebuie respectate în cadrul unităților, în vederea înlăturării cauzelor care pot avea o influență nefavorabilă asupra persoanei încadrate.

- Normele departamentale sînt stabilite de ministere, sub îndrumarea și controlul Ministerului Muncii, obligatorii pentru toate organizațiile ce le sînt subordonate. În ele se includ și normele de igienă muncii.



- Instrucțiuni proprii de protecția muncii sînt stabilite de conducerea fiecărei organizații socialiste, care cuprind atît prevederile din normele departamentale cît și măsurile suplimentare de protecția muncii necesare la condițiile specifice secțiilor și locurilor de muncă din organizația socialistă respectivă.

Potrivit normelor, instructajul de protecția muncii contribuie la înlăturarea cauzelor accidentelor de muncă și îmbolnăvirilor profesionale, la cunoașterea și respectarea normelor de tehnica securității muncii, a metodelor de muncă nepericuloase, a măsurilor de igiena muncii.

Instructajul este obligatoriu și se efectuează de cei ce conduc și controlează procesele de muncă și cuprinde trei faze:

- instructajul introductiv general care se face noilor angajați (permanenți, temporari, zilieri), celor transferați sau detașați și elevilor repartizați pentru activitatea practică și are drept scop cunoașterea specificului organizației socialiste respective, precum și principalele măsuri generale de protecție a muncii ce trebuie respectate în cadrul procesului de muncă;

- instructajul la locul de muncă are scopul de a prezenta măsurile de protecție a muncii specifice locului de muncă respectiv și se face elevilor și angajaților noi, arătîndu-se cauzele principale care pot duce la accidente de muncă și măsurile de prevenire;

- instructajul periodic se face cu scopul de a reaminti normele de protecție a muncii. Intervalul între două instructaje periodice variază între o lună și 6 luni în funcție de condițiile de muncă.

Instructajul (introductiv general, la locul de muncă și periodic) se consemnează în fișa individuală de instructaj, care se semnează de cel instruit, de cel care a făcut instructajul și de cel care a verificat.



### 1.3. Accidente de muncă

Prin accident de muncă se înțelege vătămarea violentă a organismului, precum și intoxicația profesională acută suferită de o persoană încadrată în muncă în timpul procesului de muncă sau în îndeplinirea îndatoririlor de serviciu, dacă își desfășoară activitatea potrivit atribuțiilor ce-i revin, la locul de muncă sau pe teritoriul în care organizația socialistă își exercită obiectul activității ei - și care provoacă: incapacitatea temporară de muncă de cel puțin o zi, invaliditatea ori deces.

Se consideră accident în muncă și accidentul suferit:

- în timpul îndeplinirii sarcinilor de serviciu în incinta unității unde lucrează sau în incinta altei unități, în care a fost trimis să lucreze;
- în timpul îndeplinirii îndatoririlor de serviciu de către șoferi și însoțitorii lor, accidentul survenit în afara unității;
- de elevi, studenți sau ucenici în timpul îndeplinirii practicii profesionale;
- de cei care îndeplinesc sarcini obștești sau de stat, în timpul și din cauza îndeplinirii acestor sarcini.

Intoxicațiile profesionale acute se consideră și ele accidente în muncă.

Accidentele în muncă se pot clasifica astfel:

- incapacitate temporară de muncă (cu durata de cel puțin o zi de muncă din programul unității);
- invaliditate (pierderea unui simț, organ, slăbire, infirmitate);
- mortal (deces imediat sau după un interval de timp);
- colectiv (cel puțin 3 persoane).



Cauzele principale ale accidentelor în muncă pot fi:

- Cauze tehnice se referă la starea defectuoasă a utilajelor, a instalațiilor, la defecțiuni ale dispozitivelor de lucru, la scule necorespunzătoare sau defecte, la instalații și utilaje electrice defectuoase;

- cauze organizatorice pot fi: instructajul de protecția muncii insuficient sau necorespunzător, întrebuințarea muncitorilor la o altă muncă decât la cea pentru care sînt calificați și instruiți, folosirea metodelor incorecte de lucru și periculoase, nefolosirea echipamentului de protecție, amplasarea necorespunzătoare a mașinilor și utilajelor, insuficienta organizare și întreținere a locului de muncă, aglomerarea locului de muncă, a căilor de trecere;

- cauze de organizare a muncii-se datoresc prelungirii zilei de muncă, intensitatea excesivă a muncii, încărcarea excesivă a unor organe;

- cauze igienico-sanitare sînt: iluminatul insuficient, temperatura înaltă a aerului, zgomotul și vibrațiile, radiații vătămătoare etc.

#### 1.4. Igiena muncii

Pentru apărarea sănătății muncitorului sînt stabilite instrucțiuni referitoare la condițiile sanitare ale întreprinderilor.

Aceste instrucțiuni se referă la:

- întreținerea atelierelor;
- încălzitul și ventilația atelierelor;
- iluminatul atelierelor,
- igiena individuală.

1.4.1. Întreținerea atelierelor. Menținerea curățeniei și a ordinii la locul de muncă, însoțite de respectarea regulilor de igienă a



muncii constituie una din condițiile care contribuie la ridicarea nivelului activității desfășurate, la evitarea accidentelor în muncă și menținerea sănătății muncitorului. Pardoseala, ferestrele, luminatoarele, pereții, trebuie să fie întotdeauna în stare curată. Este inadmisibil ca în pardoseală să existe gropi sau ridicături.

Un loc de muncă murdar, aglomerat, cu pardoseala defectă, murdărită de uleiul utilizat pentru ungere sau cu lichide de răcire, îngreuiază munca și poate provoca accidente.

Curățirea încăperii și a utilajului trebuie să se facă sistematic și organizat. Măturarea să fie umedă, pereții, tavanul și geamurile să fie șterse. În unele ateliere de optică pardoseala și pereții se curăță de mai multe ori cu o cârpă udă. Atmosfera ambiantă trebuie să fie lipsită de praf. Utilajele trebuie întreținute în perfectă stare de curățenie de câte ori este nevoie.

1.4.2. Încălzitul și ventilația atelierelor. Când temperatura este mai ridicată sau mai scăzută decât cea normală, starea fizică a muncitorului se înrăutățește și productivitatea muncii sale scade. Temperatura în atelierele optice trebuie să fie constantă. Atelierele trebuie să fie ventilate. Împrospătarea aerului se face cu ajutorul unor aparate acționate mecanic. Aerul introdus în încăpere este supus unor operații de încălzire sau răcire, umidificare sau uscare și purificare, viteza lui de circulație fiind dirijată și controlată.

1.4.3. Iluminatul atelierelor, ameliorează condițiile de muncă, micșorează efortul muncitorului, menține capacitatea de muncă pe toată durata schimbului de lucru, contribuie la reducerea accidentelor de muncă.

Normele de igiena muncii prevăd ca atelierele să fie iluminate cu lumina naturală directă ferestrele fiind astfel dimensionate



încît să asigure uniformitatea luminii în adîncime și transversal. Cînd lumina naturală este insuficientă, în timpul nopții și în încăperile fără lumină naturală, se folosește iluminatul artificial, care trebuie să ilumineze în mod eficient și să creeze un mediu vizual.

1.4.4. Igiena individuală a fiecărui muncitor are o mare importanță în păstrarea sănătății și a capacității de muncă. Curățenia locului de muncă și curățenia individuală a muncitorilor sînt condiții de bază ale igienei personale. Muncitorul trebuie să aibă grijă de curățenia rufelor și a hainelor sale. În fiecare zi după terminarea lucrului, corpul trebuie spălat cu apa caldă și săpun. Din cauza transpirației și a murdăriei, pielea se înăsprește, crapă și pe ea apar iritații, inflamații și eczeme vătămătoare sănătății muncitorului. Îmbrăcămintea de lucru trebuie să fie schimbată și spălată în funcție de condițiile de muncă.

#### 1.5. Echipamentul individual de protecție

Echipamentul individual de protecție reprezintă mijlocul individual de protecție care se acordă pentru prevenirea accidentelor de muncă și a îmbolnăvirilor profesionale, prevenirea uzurii premature sau murdăria excesivă în procesul de muncă, a îmbrăcămintei și a încălțăminte personale.

Acordarea echipamentului de protecție și a echipamentului de lucru este reglementată de Hotărîrea Consiliului de Miniștri Nr.304/1975. Meseriile, specialitățile, funcțiile și condițiile de muncă care dau dreptul la echipamente de protecție și de lucru, precum și durata de folosire sînt stabilite prin Normativul republican întocmit cu consultarea Consiliului Central al U.G.S.R. și aprobat prin ordinul nr.9/1972 de către Ministerul Muncii.



Echipamentul de protecție este proprietatea unității și se acordă în folosință gratuită personalului acesteia, din prima zi de activitate; acesta este obligat să-l restituie la încetarea activității în unitate sau la trecerea în alt loc de muncă unde echipamentul de protecție nu este prevăzut în dotare.

Echipamentul de lucru care are rolul de a proteja îmbrăcămintea personală a muncitorilor de uzură și de murdărie se acordă cu 50% din valoarea sa, restul fiind suportat de întreprindere. Echipamentul de protecție devenit inutilizabil înainte de termen, se înlocuiește de unitate cu altul (dacă este din vina persoanei încadrate, se impută contravaloarea după scăderea uzurii normale).

Echipamentul de lucru degradat înainte de termen, se înlocuiește de unitate la cererea persoanei încadrate reținându-se integral valoarea. În cazul încetării activității, echipamentul de lucru devine proprietatea persoanei încadrate, care suportă diferența neamortizată din contribuția unității la achiziționarea lui. În caz de necesitate se poate reține echipamentul, compensându-i-se persoanei diferența neamortizată din contribuția proprie.

Unitățile sînt obligate să asigure denocivizarea, repararea, păstrarea și verificarea echipamentului de protecție. Întreținerea și repararea echipamentului de lucru se face de persoanele care-l au în dotare.

#### 1.6. Manevrarea și depozitarea sticlei optice

Prelucrarea pieselor optice din blocuri de sticlă și din piese presate se face în atelierul optic. Măsurile de protecție a muncii sînt caracteristice pentru fiecare operație în parte.

În atelierele de debitare, se lucrează cu sticlă bloc sau cristal și geam tras în plăci, de diferite dimensiuni.



Manipularea lor și în special a plăcilor trebuie efectuată cu palmare din piele sau material plastic întrucât muchiile sînt ascuțite și pot produce tăieturi adînci la orice neatenție.

Blocurile de sticlă vor fi depozitate și manipulate cu grijă, și în orice caz la așezarea lor pe mașinile de debitat, se va avea grijă ca mîna să nu se afle niciodată în apropierea discului de debitat, întrucît la orice deplasare a brațului oscilant al mașinii, se pot produce accidente grave. Se va verifica întotdeauna strîngerea corectă și suficientă a blocului între bacurile mașinii.

De asemenea, nu se vor prinde blocurile în mașină în timp ce mașina funcționează ci numai după oprirea acesteia.

La desprinderea plăcilor în pătrate sau la ruperea colțurilor pătratelor se va lucra cu ochelari de protecție.

Mașinile trebuie să fie prevăzute cu sisteme de absorbție și protecție contra răspîndirii picăturilor de emulsie cu praf de sticlă, ce ar putea fi inhalate de lucrători.

Blocuri de prisme, piese de dimensiuni mari, vor fi deplasate folosindu-se cărucioare.

#### 1.7. Manipularea și depozitarea materialelor inflamabile

Manipularea și depozitarea materialelor inflamabile impune respectarea întocmai a normelor deoarece nerespectarea acestora poate duce la incendii și accidente foarte grave.

De exemplu, în atelierul de degresare și spălare a pieselor nu vor exista solvenți decît pentru lucrul din ziua respectivă. Fumatul este interzis ca și apropierea cu foc. Instalațiile electrice vor fi capsulate iar cele de iluminat, pe cît posibil exterioare.

Pentru degresarea în tricloretilenă sau percloretilenă se vor folosi utilaje închise care să nu permită ieșirea vaporilor. Cînd acest



lucru nu este posibil se admite folosirea unor băi deschise, la care zona de condensare a vaporilor asigură reținerea majorității vaporilor de solvent, iar ventilația locală (pe toate laturile) asigură evacuarea restului de vaporii (necondensați).

Vaporii de tricloretilenă inhalați chiar și în concentrații reduse, precum și contactul acestora cu pielea operatorului sînt periculoși pentru organism.

Percloretilena este mai puțin periculoasă decît tricloretilena dar implică aceleași măsuri de protecție.

Se interzice folosirea acestor solvenți în vase deschise neventilate, în încăperi închise.

Se admite folosirea lor directă numai la rece, în cantități foarte mici și în aer liber sau sub curent puternic de aer.

Atunci cînd prezența vaporilor de tricloretilenă în zona de inspirație este de neevitat operatorii vor purta măști și mănuși de cauciuc.

Piese degresate sau uscate în tricloretilenă sau percloretilenă nu vor fi scoase din băile sau instalațiile respective decît după uscare completă.

Vopsirea de protecție cu nitroemail, dar în special cu lacuri termorezistente, se va face cu o mască de protecție specială. În timpul vopsirii, este interzisă apropierea cu foc de nișa de vopsire, dacă se lucrează cu solvenți inflamabili, particulele rezultate din pulverizare putînd prezenta pericol de explozie.

Materialele pentru vopsire vor fi păstrate și transportate în vase bine închise, deschiderea capacelor metalice se va face cu scule de bronz care nu provoacă scînteii. Materialele de șters se vor aduna în cutii metalice cu capac, ce se vor goli zilnic.



Pe o rază de 10 metri de la accesul în cabina de vopsire sau de la locul de muncă se interzice depozitarea materialelor, combustibile, iar pe o rază de 5 m se interzice lucrul cu foc deschis sau scînteii.

În cazul în care se lucrează cu arzătoare oxî-metanice sau oxî-acetilenice, se vor respecta normele stabilite pentru folosirea unor astfel de instalații. Tuburile de oxigen nu vor fi plasate în încăperea de lucru, ci potrivit uzanțelor, în exteriorul clădirilor, în nișe metalice ale căror uși sînt în permanentă închise, sau în cămine amenajate în sol. Manipularea tuburilor de oxigen se va face numai de personal special instruit. Buteliile de gaze lichefiate vor fi plasate la cel puțin 5 m de flacără.

#### 1.8. Măsuri de prim ajutor în caz de accidentare

Prin măsuri de prim ajutor se înțeleg primele îngrijiri care se dau unui accidentat la locul de muncă, după care acesta este transportat de urgență la o unitate medicală.

Întreprinderile sînt obligate să organizeze un număr corespunzător de posturi și truse de prim ajutor la locurile de muncă care prezintă pericol de accidente de muncă și îmbolnăviri profesionale.

Întreprinderile care au unități unde există pericol deosebit (stații de conexiuni electrice, secții de decapare, degresare etc.) vor fi dotate cu aparatură de specialitate pentru efectuarea reanimării și a altor manevre de intoxicare și intervenție rapidă pe baza indicațiilor Ministerului Sănătății.

1.8.1. Primul ajutor în caz de rănire. Rănirile pot fi ușor infectate cu microbi aflați pe pielea rănită, în aerul din mediul în-



conjurător, în pământ, pe mâinile salvatorului sau pe pansamente murdare. Rănile acoperite cu pământ sînt foarte periculoase deoarece pot provoca tetanosul, boală foarte periculoasă. În acest caz sînt necesare intervențiile medicului pentru injectarea serului antitetanos.

Pentru a evita infecțiile, la aplicarea pansamentului se va ține seama de următoarele reguli:

- salvatorul trebuie să se spele bine pe mâini cu săpun, iar dacă nu are posibilitate, să-și ungă degetele cu tinctură de iod; totuși nu va atinge rana cu degetele;
- nu sînt îngăduite spălarea rănilor cu apă sau cu orice medicament, precum și acoperirea ei cu prafuri sau unsori;
- nu este permisă înlăturarea cheagurilor;
- nu este permisă curățirea rănii de nisip, pământ etc.;
- pe rană se vor aplica numai pansamente sterilizate;
- din lipsă de pansament sterilizat se va întrebuița o batis-tă curată, o fișie de pînză curată (de preferat călcată proaspăt).

1.8.2. Primul ajutor în cazul arsurilor. După cauza care le-a provocat arsurile se împart în arsuri chimice și arsuri termice.

Arsuri chimice, provocate de substanțe chimice (acizi și baze), substanțe oxidante (brom, perhidrol) și alte substanțe (fosfor, sodiu, potasiu).

Primul ajutor ce se acordă este în funcție de substanța care le-a provocat. De exemplu:

- la arsurile cu acizi (acid sulfuric) se diluează acizii cu apă, se tamponează locul cu o cârpă uscată, apoi se spală cu o cantitate mare de apă, iar la sfîrșit se spală cu o soluție 5% bicarbonat de sodiu.

- la arsurile cu baze, după spălarea cu apă a locului arsurii, se spală cu o soluție slabă de acid acetic (1-2%);



- la arsurile cu brom, după spălarea cu apă se spală locul cu o soluție de tiosulfat de sodiu.

Arsuri termice, provocate de abur., arc electric, fluide sau solide fierbinți. Ele pot fi de trei grade: gradul I- înroșirea pielii; gradul II- înroșirea pielii cu bășici; gradul III- distrugerea țesuturilor,, atât la suprafață cât și în adâncime.

După scoaterea cu multă precauție a îmbrăcămintel, arsurile vor fi pansate fără a fi unse cu alifii, uleiuri, vaselină sau alte soluții și fără a fi atinse cu mâinile. Nu este permisă spargerea bășicilor formate de arsuri, înlăturarea materialelor lipite de rană.

1.8.3. Primul ajutor în caz de electrocutare. În acest caz în primul rând se va scoate accidentatul de sub acțiunea curentului electric. Dacă accidentatul se găsește la înălțime trebuie luate măsuri pentru prevenirea căderii lui.

Dacă întreruperea curentului electric nu este posibilă imediat, curentul fiind sub 500 V, se poate acționa pentru tragerea accidentatului cu condiția asigurării mâinilor și picioarelor salvatorului.

La curentul peste 500 V, accidentatul nu va fi atins decât după ce curentul va fi întrerupt.

După întreruperea curentului electric, se procedează imediat la acordarea primului ajutor care constă din deschiderea hainelor, căldură la picioare și la cap și respirație artificială.

#### 1.9. Măsuri de prevenirea incendiilor

Pentru a se evita producerea incendiilor și a exploziilor care pot avea urmări grave trebuie să se ia măsuri de prevenire, potrivit normelor specifice întocmite conform H.C.M.nr.169/1963 de către Ministerul Sănătății prin ordinul nr.226/1968.



Aceste norme se referă la măsurile tehnico-organizatorice de prevenire și stingere a incendiilor, la dotarea cu mașini, utilaje și materiale necesare precum și cu echipament de protecție individual, la constituirea formațiilor p.c.i. și instruirea membrilor lor.

Măsurile de prevenire a incendiilor diferă de la caz la caz. În secțiile de vopsire pericolul de incendiere se datorește folosirii de solvenți și lacuri volatile. Băile de decapare trebuie prevăzute cu ventilație pentru absorbția și evacuarea vaporilor acizi care pot forma cu aerul amestecuri explozive.

La fel și la operațiile de degresare trebuie să se evite spălarea pieselor cu benzină, întrucât vaporii de benzină împreună cu aerul formează amestecuri explozive.

## Capitolul 2

### ELEMENTE DE OPTICĂ GEOMETRICĂ

Construcția aparatelor optice se bazează pe noțiunea de rază luminoasă, care se propagă rectiliniu într-un mediu omogen și care suferă reflexii și refracții la suprafețele de separare ale diferitelor medii. Partea de optică care studiază teoria acestor aparate se numește optica geometrică.

#### 2.1. Propagarea rectilinie a luminii

Se numește raza de lumină linia dreaptă după care se propagă lumina. Totalitatea razelor de lumină formează un fascicul de lumină care poate fi format din raze paralele, divergente sau conver -



gente. Pe figura 2.1, a este reprezentat un fascicul de raze paralele care pleacă sub formă de unde plane dintr-un punct luminos situat la infinit, cum ar fi soarele, stelele etc.

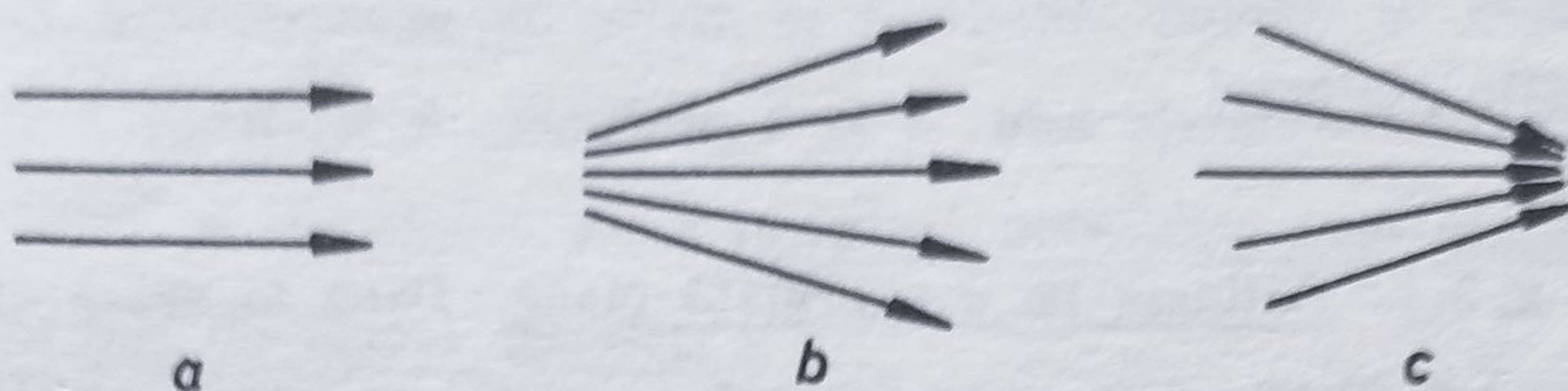


Fig.2.1. Fascicul de lumină:  
a- paralel; b- divergent; c- convergent.

Dacă razele de lumină pornesc dintr-un punct comun, de la o sursă de exemplu, fasciculul este numit divergent (fig.2.1, b), iar dacă razele se îndreaptă către un punct comun, converg către un punct, fasciculul este denumit convergent (fig.2.1. c).

Propagarea rectilinie a luminii este confirmată de faptul că, dacă așezăm un corp opac între sursa de lumină și ochiul nostru pe aceeași direcție, nu vedem sursa. Acest exemplu explică fe-

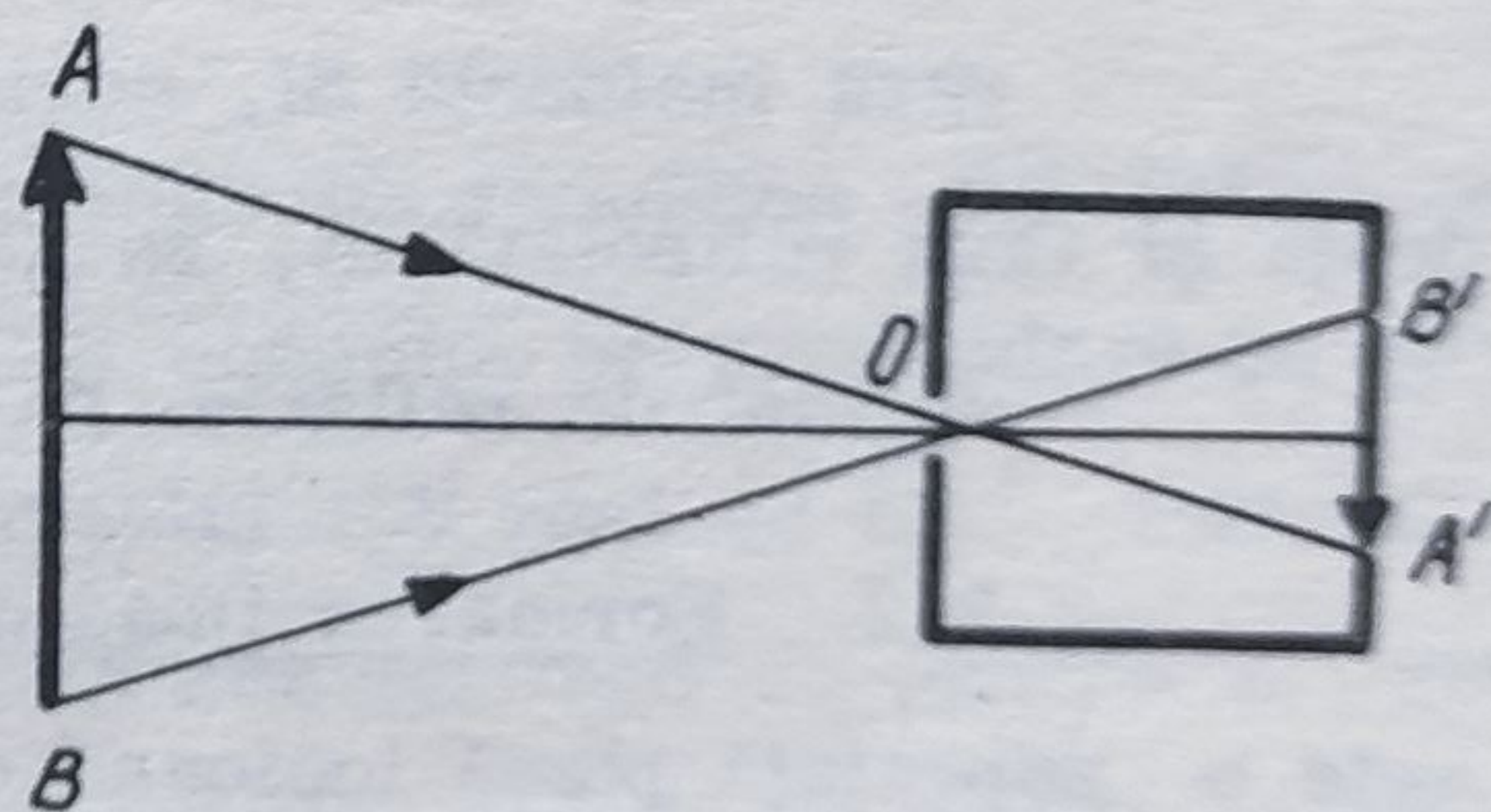


Fig.2 2. Camera obscură.

nomenul obținerii imaginii unui obiect în camera obscură (fig.2.2).

Camera obscură este formată dintr-o cutie paralelipipedică ce are pe o față un mic orificiu O, iar pe fața opusă o placă translucidă. Pe aceasta se observă imaginea răsturnată  $A'B'$  absolut fidelă (în ce privește dimensiunile) a obiectului AB și care se dato-

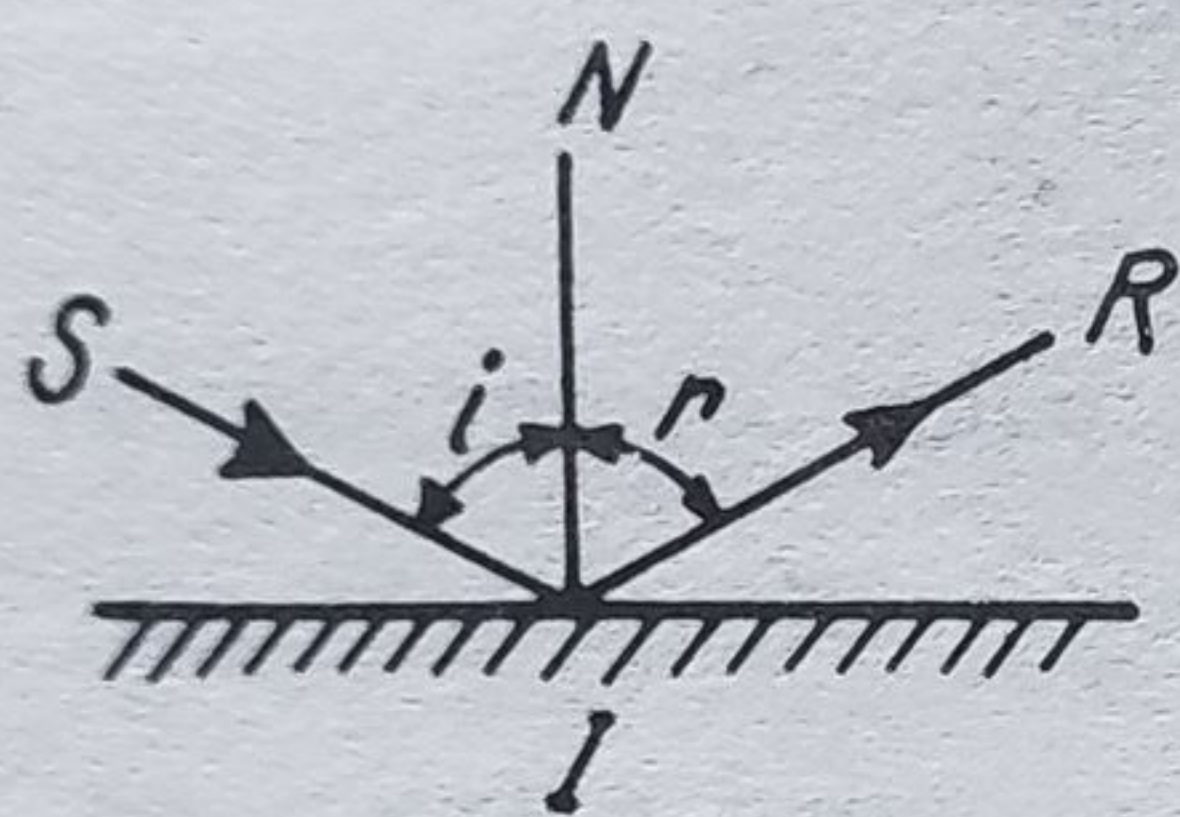


rește propagării rectilinii a luminii provenite din toate punctele obiectului.

O consecință a propagării rectilinii a luminii este fenomenul de umbră și penumbră, eclipsele etc.

## 2.2. Legile reflexiei

2.2.1. Reflexia pe o suprafață plană. Dacă în calea unei raze de lumină SI (fig.2.3) așezăm sub un unghi oarecare, o sticlă plană cu o suprafață bine polisată, o parte din lumină va trece prin sticlă, o parte va fi absorbită de ea, iar restul se va reflecta pe supra-



fața polisată după linia IR. Unghiul SIN se numește unghi de incidență, se notează cu litera  $i$ , unghiul NIR se numește unghi de reflexie, și este notat cu litera  $r$ .

Reflexia pe suprafața oglinzii se produce după următoarele legi:

- raza incidentă SI, normala la oglinda NI în punctul de incidență și raza reflectată IR, se găsesc în același plan;
- unghiul de reflexie  $r$  este egal cu unghiul de incidență  $r=i$ .

2.2.2. Formarea imaginii în oglinzile plane. Oglinda plană este o suprafață plană lucioasă care reflectă lumina. (fig.2.4).

Considerăm un fascicul divergent care pleacă din punctul S și întâlnește suprafața oglinzii plane MH. Conform legilor reflexiei razele acestui fascicul se vor reflecta în direcțiile BF și AE.

Dacă din punctul S coborâm perpendiculara SKS' pe oglindă și prelungim punctat razele reflectate vedem că acestea se intersectează cu prelungirea perpendicularei în punctul S'. În acest mod se obțin



două triunghiuri dreptunghice  $ASK$  și  $AS'K$ , care sînt egale, deoarece  $AK$  este latura comună și două unghiuri ascuțite egale:  $ASK$  și  $AS'K$ . Din egalitatea triunghiurilor rezultă că  $SK = KS'$ . În acest caz, observatorului care se uită în oglindă i se va părea că se vede în  $S$  un punct luminos, care nu există în realitate. Punctul  $S'$  este imaginea virtuală a punctului  $S$ . Punctele  $S$  și  $S'$  sînt simetrice în raport cu  $K$ . Deci, în cazul oglinzilor plane imaginea obiectului este virtuală și simetrică față de planul oglinzii.

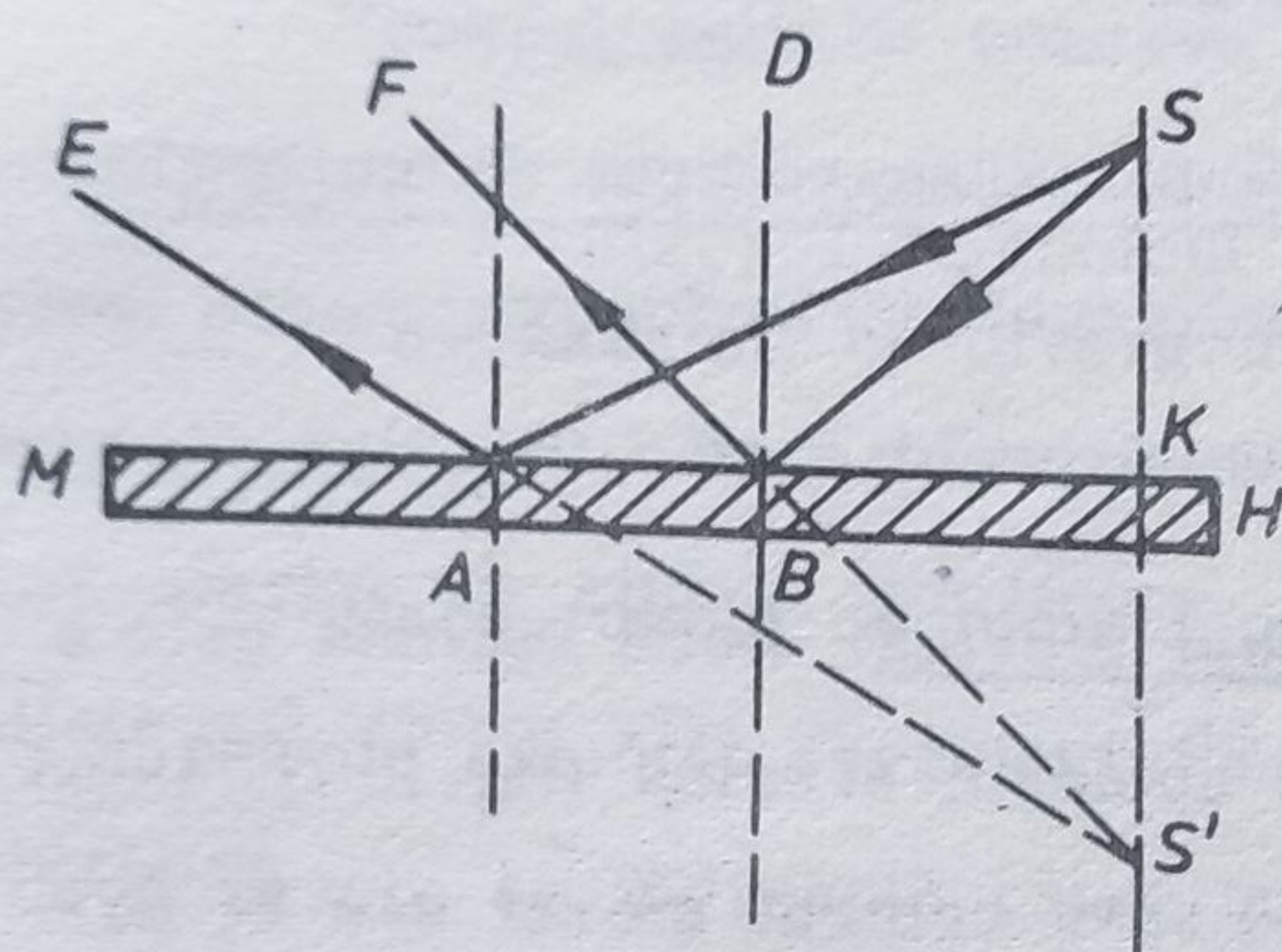


Fig.2.4. Formarea imaginii în oglinda plană.

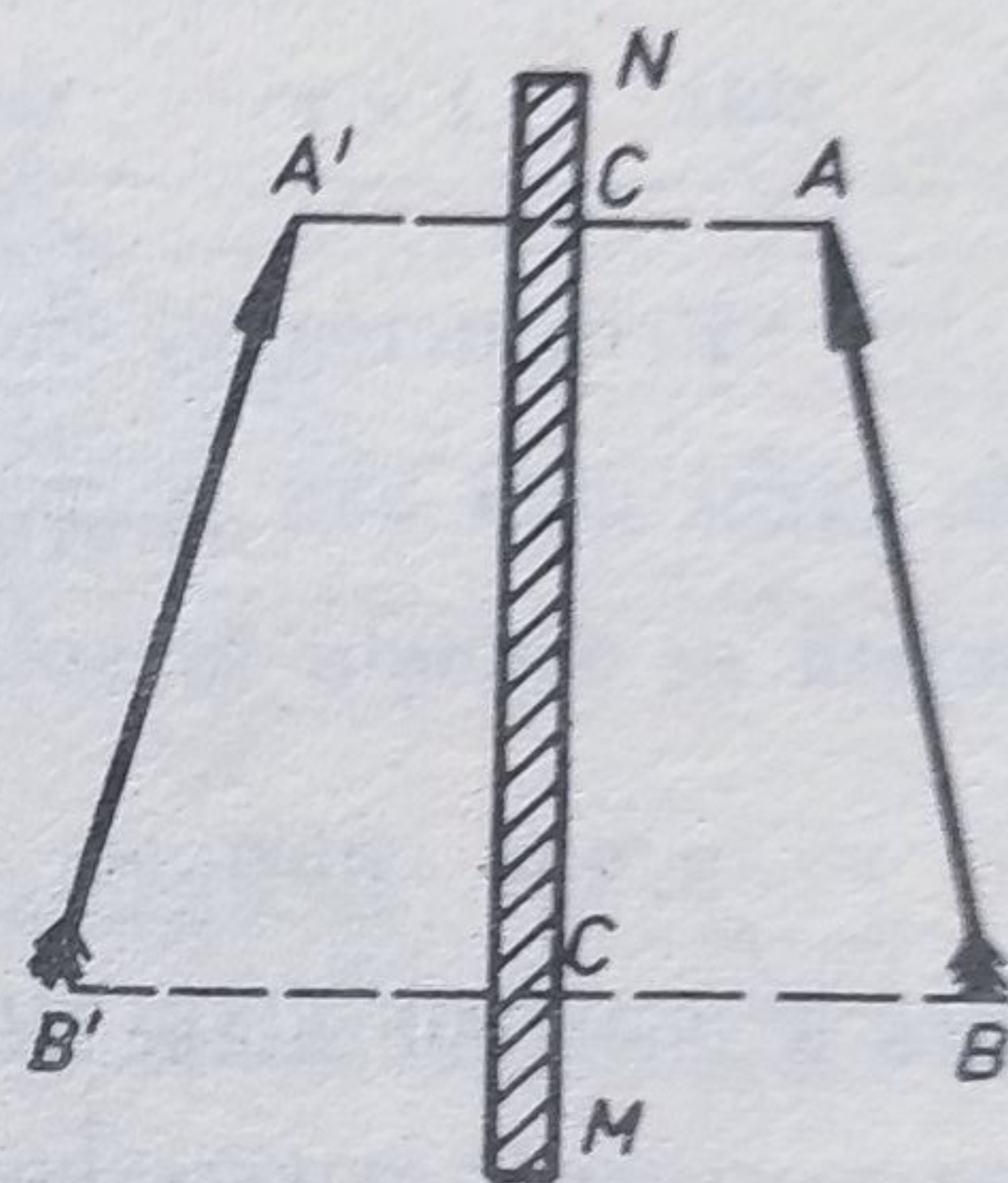


Fig.2.5. Construirea imaginii unui obiect.

Pe baza acestei reguli să construim imaginea unui obiect oarecare (fig.2.5). Astfel, în punctul  $A$  coborîm perpendiculara pe oglinda  $MN$  pe care o prelungim cu segmentul  $CA'$  egal cu  $CA$ . Punctul  $A'$  va reprezenta punctul  $A$ . Procedînd în același mod cu punctul  $B$  vom obține imaginea lui în punctul  $B'$ . Între punctele  $A'$  și  $B'$  se va găsi imaginea punctelor obiectului. Se observă că imaginea este inversată, prin aceea că partea stîngă a obiectului are imaginea ca partea dreaptă, iar partea dreaptă ca partea stîngă.

2.2.3. Rotația unei oglinzi plane. În aparatele optice se întîlnesc deseori unele cazuri de reflexie cînd o suprafață lucioasă se rotește cu un unghi oarecare.



Să considerăm raza SI, de direcție fixă, incidentă pe oglinda plană MP care se poate roti în jurul unei axe perpendiculare pe planul de incidență definit prin SI și normala IN (fig.2.6).

Cînd oglinda se rotește cu un unghi  $\alpha$  și ajunge în M'P', raza reflectată IR va lua direcția IR<sub>1</sub>. Notînd cu  $\beta$  unghiul format dintre cele două direcții, observăm că:

$$\beta = i + \alpha - (r - \alpha) = i + \alpha - r + \alpha$$

dar  $i = r$  deci  $\beta = 2\alpha$

Prin urmare, dacă o oglindă plană se rotește cu un unghi  $\alpha$  în jurul unei axe perpendiculare pe planul de incidență, raza reflectată se rotește în același sens cu un unghi  $2\alpha$ .

2.2.4. Reflexia pe o suprafață sferică. Dacă oglinda este o parte a unei suprafețe sferice ea se numește sferică (fig.2.7). După cum suprafața polisată este îndreptată spre centrul sferei sau în partea opusă se deosebesc:

- oglinzi sferice concave și oglinzi sferice convexe.

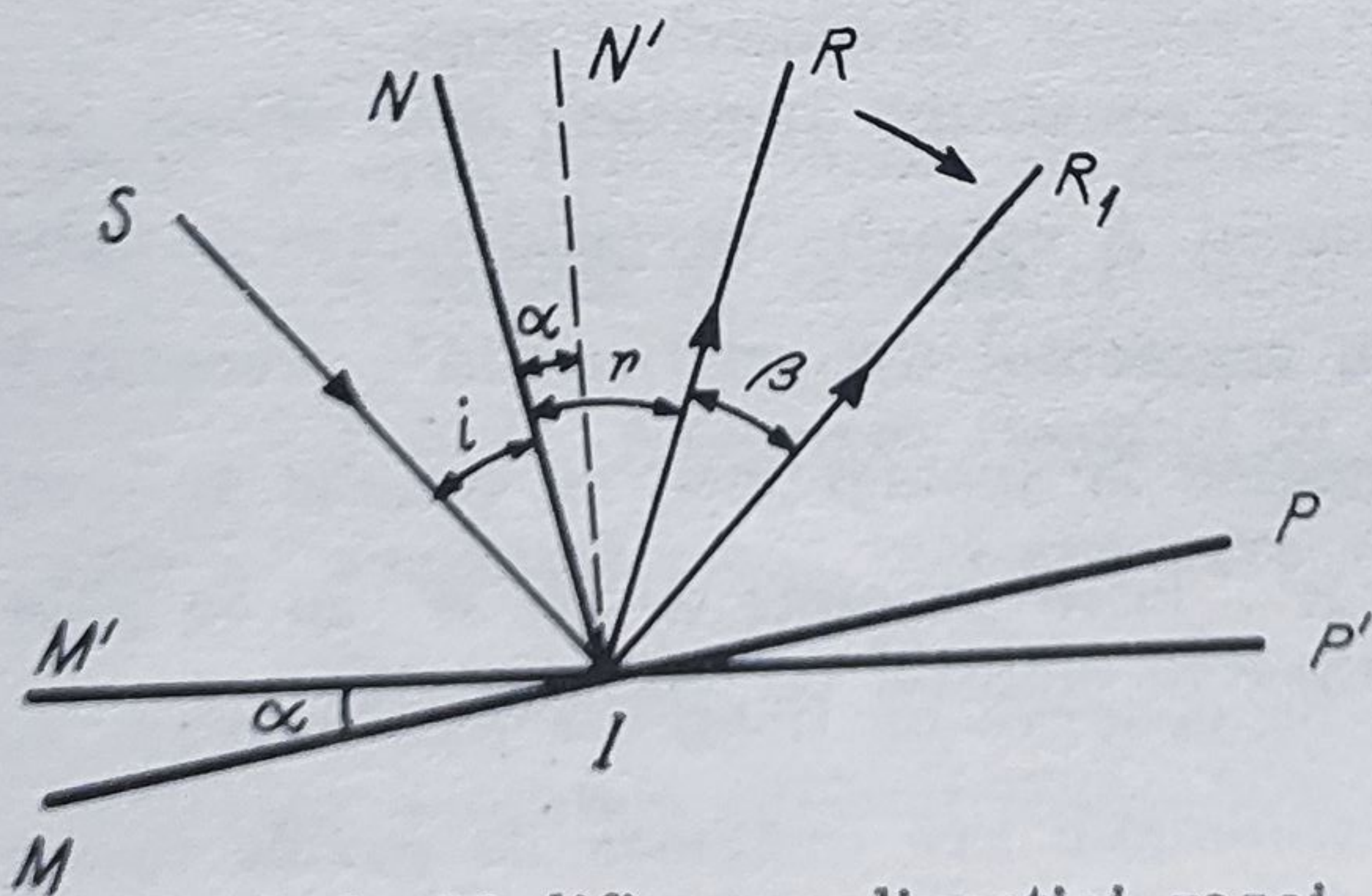


Fig.2.6. Modificarea direcției razei reflectate prin rotirea oglinzii plane.

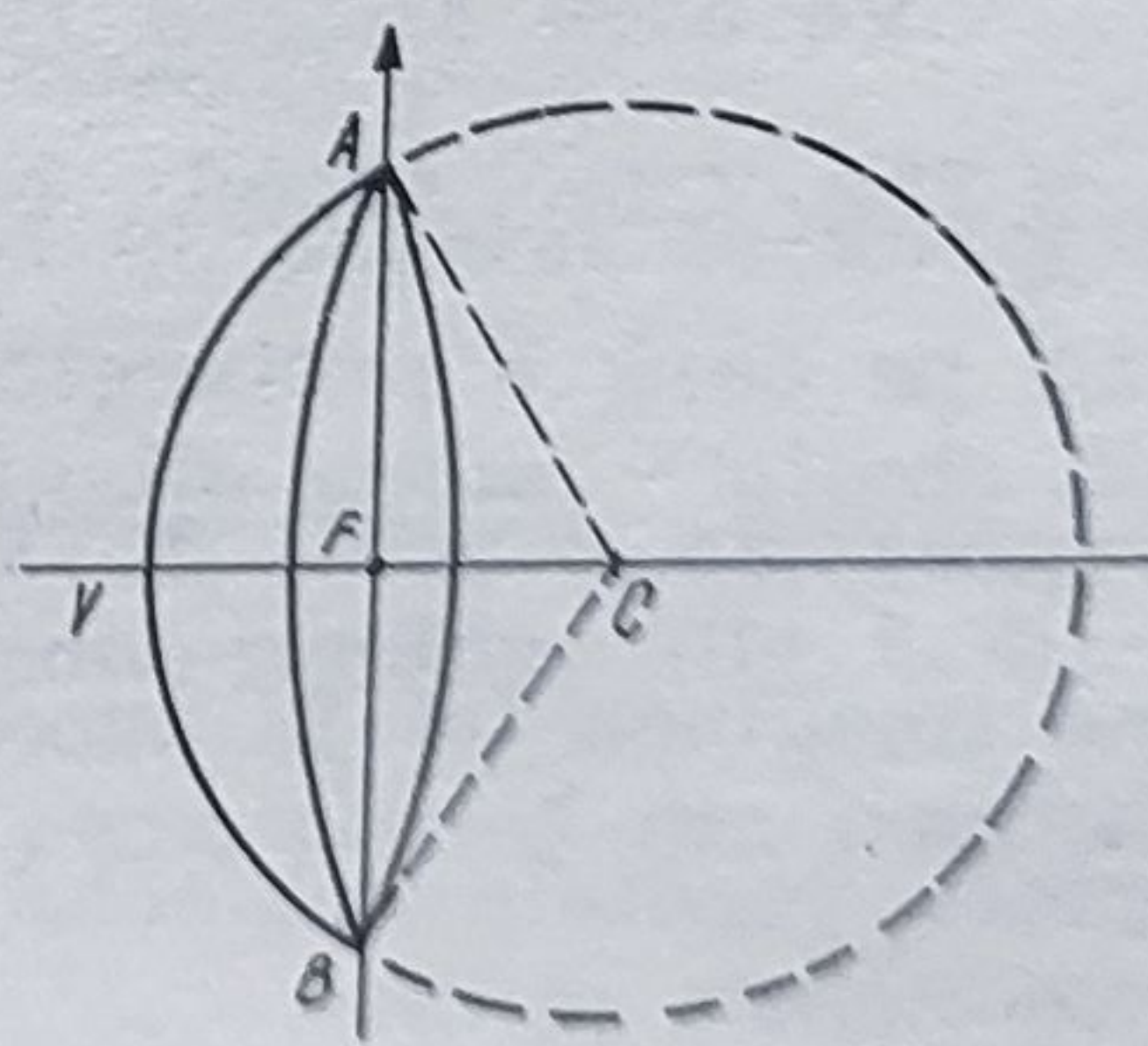


Fig.2.7. Oglindă sferică.

Centrul C al sferei se numește centru de curbură. Dreapta care trece prin vîrful V al oglinzii și prin centrul de curbură se numește axa principală.



Diametrul suprafeței libere a oglinzii se numește deschiderea oglinzii.

Legile reflexiei pe o oglindă plană se aplică și oglinzilor sferice.

În oglinda concavă, după reflexie, razele se strâng într-un punct, iar în oglinda convexă ele par că vin dintr-un punct. Acest punct situat pe axa principală se numește focar principal al oglinzii (fig. 2.8, a și b).

Focarul oglinzii concave este real, iar cel al oglinzii convexe este virtual (se formează în spatele oglinzii). Focarul oglinzilor sferice se află la jumătatea distanței dintre vîrf și centrul de curbură.

2.2.5. Formarea imaginilor în oglinzi sferice. Într-o oglindă sferică, imaginea unui obiect se află construind imaginile punctelor obiectului cu ajutorul a două, din următoarele trei raze principale:

- raza de lumină paralelă cu axa principală; se reflectă trecînd prin focar;
- raza de lumină ce trece prin centrul de curbură; se va reflecta pe aceeași direcție;
- raza de lumină care trece prin focar; se reflectă paralel cu axul optic.

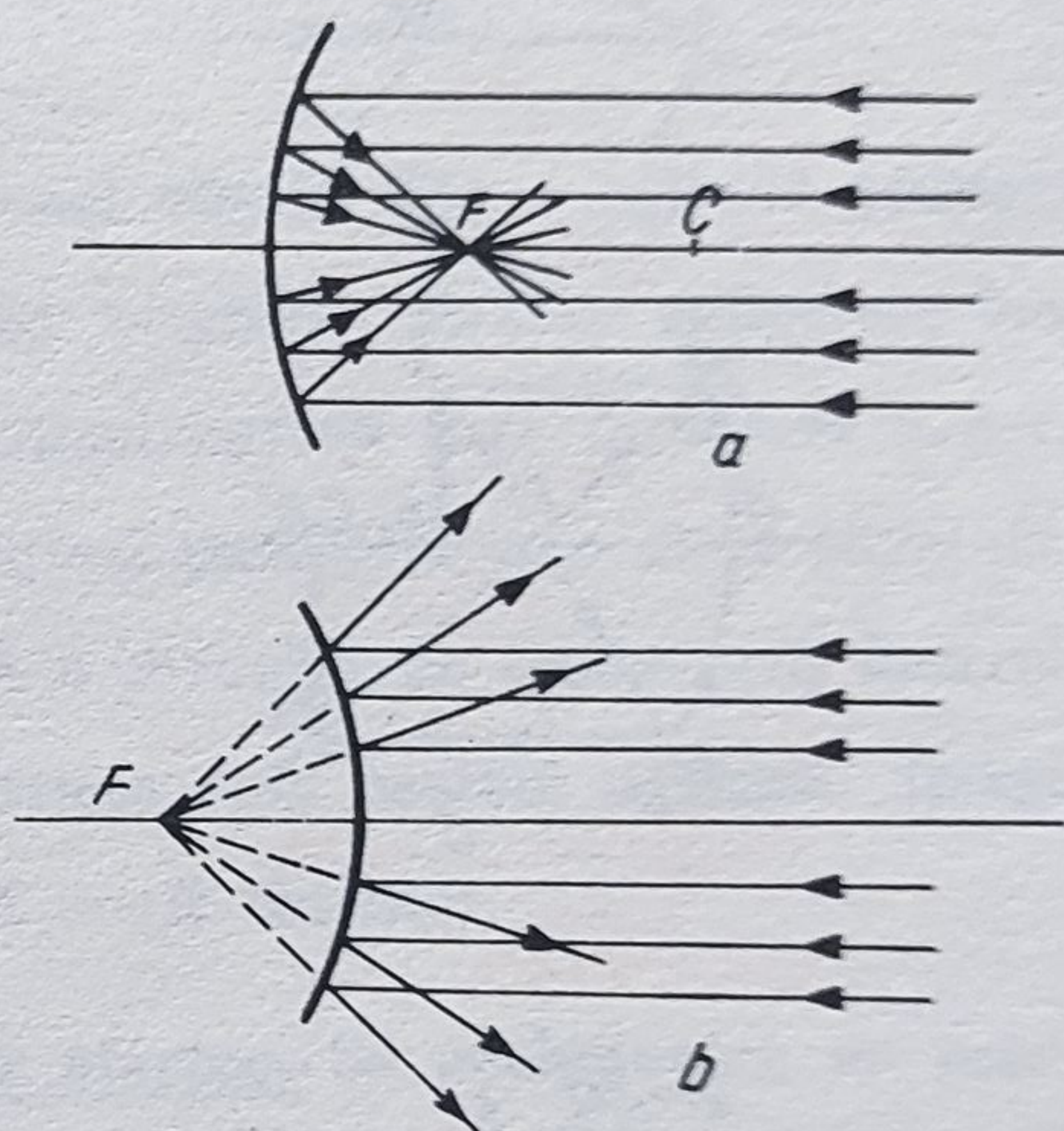


Fig. 2.8. Focare principale:  
a- al unei oglinzi concave; b-al  
unei oglinzi convexe.



Să presupunem că avem un obiect așezat în fața unei oglinzi concave la distanțe diferite față de oglindă. În figura 2.9, a, obiectul este așezat dincolo de centrul de curbură. Pentru precizarea mărimii și poziției imaginii lui în spațiu, este necesar și suficient să se construiască imaginea celor două puncte extreme A și B.

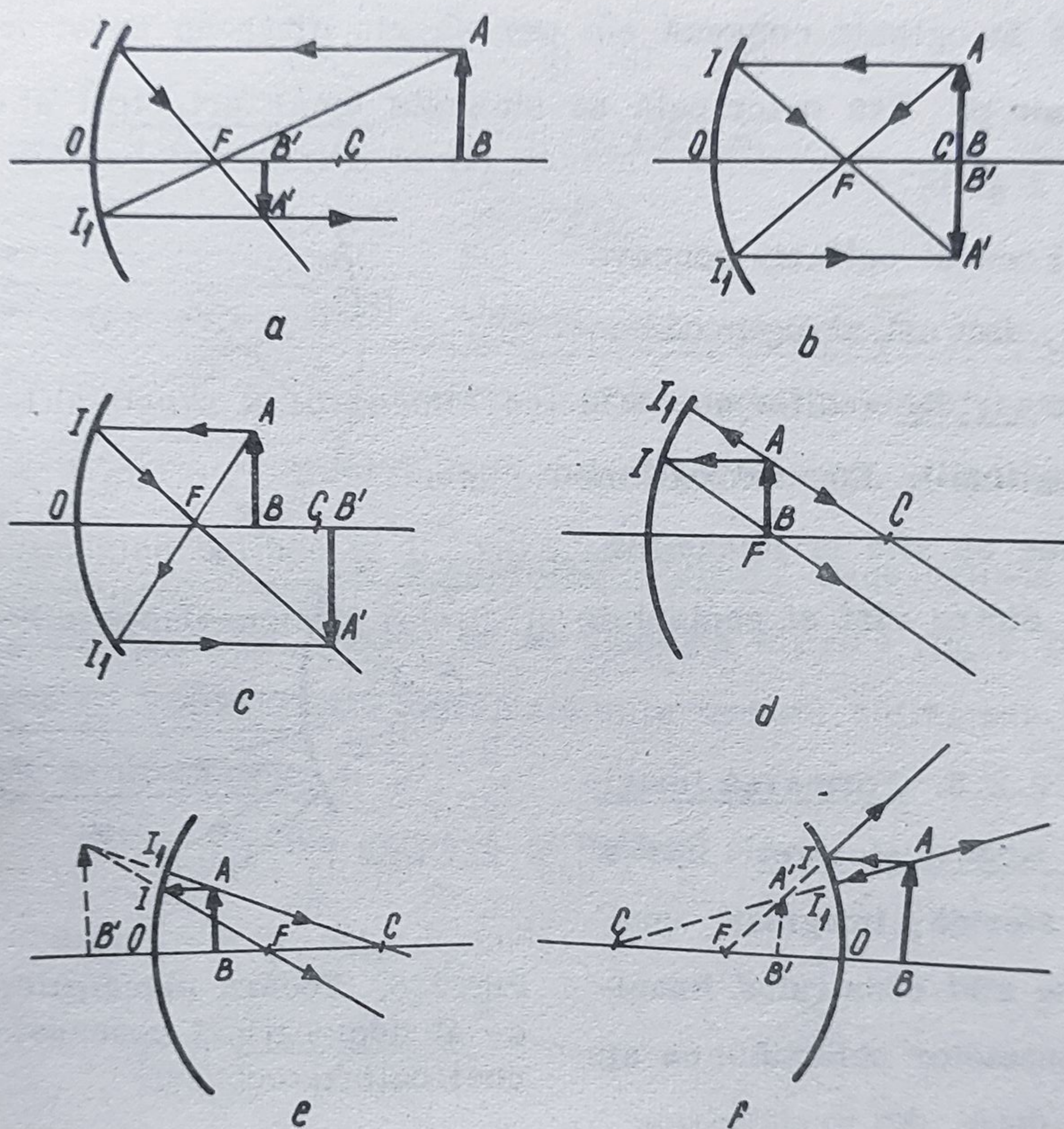


Fig.2.9. Formarea imaginilor în oglinzile sferice:  
a- obiectul se găsește dincolo de centru; b- obiectul se găsește în centru; c- obiectul se găsește între centru și focar; d- obiectul se găsește în focar; e- obiectul se găsește între focar și oglindă; f- imaginea virtuală a unui obiect într-o oglindă convexă.

O rază de lumină care vine din vârful obiectului A, paralel cu axa principală se va reflecta trecând prin focar. Tot din A mai



ducem o rază care trece prin focar și se reflectă paralel cu axul optic. Punctul de intersecție  $A'$  a celor două raze reflectate este imaginea punctului  $A$ .

Imaginea punctului  $B$  se află ducând o perpendiculară din  $A'$  pe axa principală.

Astfel, imaginea  $A'B'$  a obiectului  $AB$  este răsturnată, mai mică, reală și se găsește între centru și focar.

În figura 2.9 b,c,d,e sînt prezentate celelalte cazuri de formare a imaginii.

Pentru a obține imaginea unui obiect într-o oglindă convexă se va proceda ca și în cazul oglinzilor concave. Razele reflectate însă se întîlnesc în spatele oglinzii prin prelungirea lor. În figura 2.9 f, s-a folosit pentru determinarea imaginii punctului  $A$  o rază paralelă cu axul optic, care se reflectă după o direcție ce trece prin focarul virtual, și o rază a cărei direcție trece prin centrul oglinzii. Imaginea este virtuală, dreaptă, mai mică decît obiectul.

2.2.6. Formulele oglinzilor sferice. Să considerăm un punct  $S$  pe axa principală dincolo de centru (fig.2.10). Raza  $SI$  (considerată foarte aproape de axa principală) se va reflecta, tăind axa în  $S'$ .  $SI$  este raza incidentă iar  $IS'$  este raza reflectată.

Conform legilor reflexiei,  $IC$  este bisectoarea unghiului  $SIS'$  și împarte latura  $SS'$  în părți proporționale cu  $IS'$  și  $IS$ .

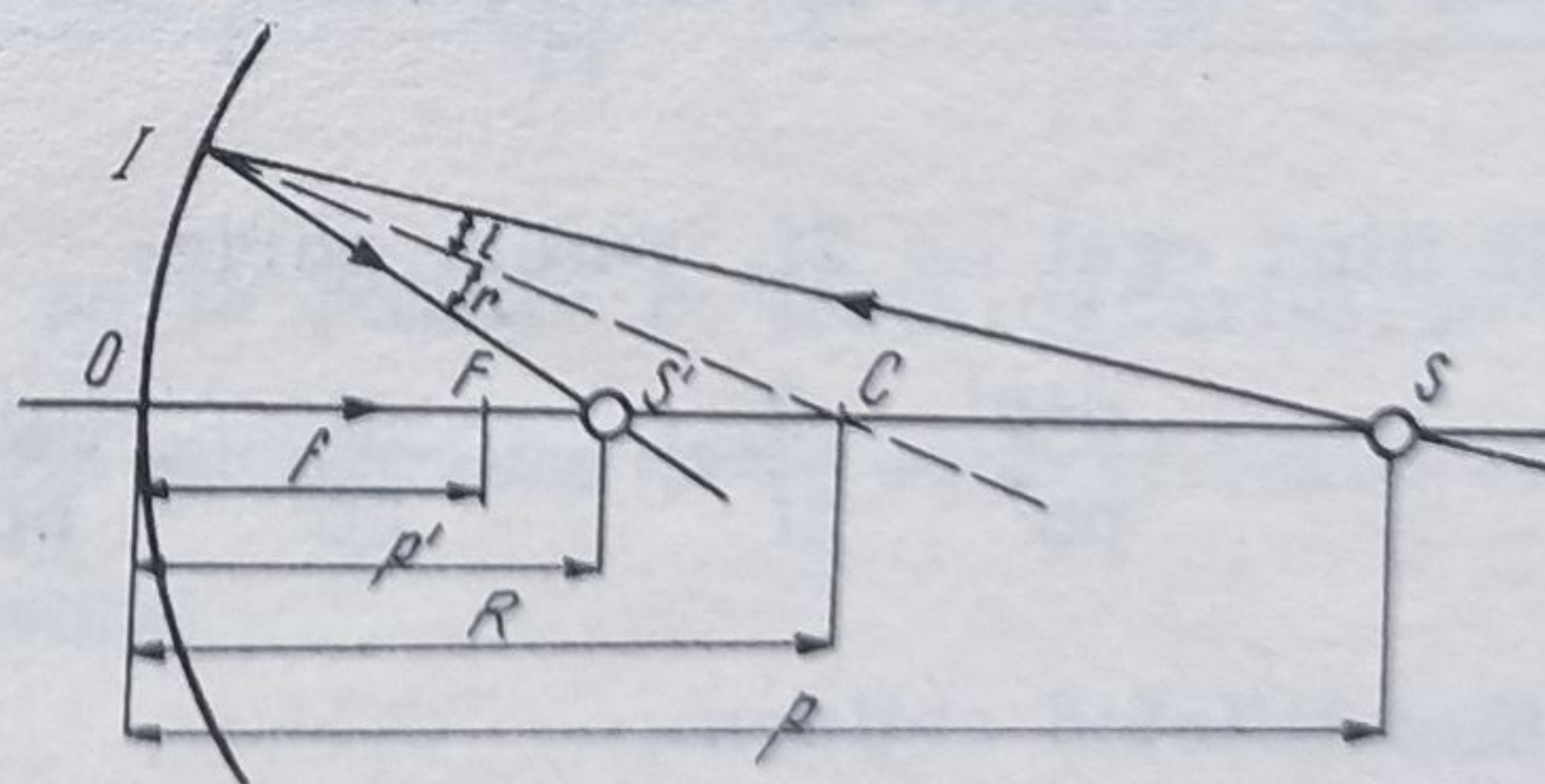


Fig. 2.10. Stabilirea formulei oglinzilor sferice.



$$\text{Deci : } \frac{S'C}{CS'} = \frac{SI}{IS'} \quad (1)$$

Raza SI fiind considerată foarte aproape de axa principală, se poate admite că:

$$IS' = OS' \quad \text{și} \quad SI = SO$$

Făcând înlocuirile în (1) avem:

$$\frac{SC}{CS'} = \frac{SO}{OS'} \quad (2)$$

Din figura 2.10 rezultă că:  $SO = p$ ,  $OS' = p'$  ;  
 $SC = p - R$  și  $CS' = R - p'$  unde  $p$  este distanța obiect-oglină,  $p'$  este distanța imagine-oglină și  $R$ , raza sferei.

Cu aceste notații relația (2) devine:

$$\frac{p-R}{R-p'} = \frac{p}{p'} \quad (3)$$

de unde:  $pp' - p'R = pR - pp'$  sau

$2 pp' = R (p+p')$ , de unde:

$$\frac{p + p'}{pp'} = \frac{2}{R}$$

$R$  fiind egal cu  $2f$ , putem scrie:

$$\frac{p+p'}{pp'} = \frac{2}{2f} \quad \text{sau} \quad \frac{p}{pp'} + \frac{p'}{pp'} = \frac{1}{f}$$

Simplificând obținem:

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f} \quad (4)$$

relația ce reprezintă o primă formulă a oglinzilor sferice, numită și formula distanțelor, care se poate enunța astfel:



Suma inverselor distanțelor de la vârful oglinzii la obiect și la imaginea lui este egală cu inversul distanței focale.

În figura 2.11 obiectul este AB, iar imaginea sa este AB'. Din triunghiurile dreptunghice A'B'O și ABO care sînt asemenea avînd cîte un unghi ascuțit egal ( $i = r$ ) deducem:

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{B'O}{BO}$$

Cum  $B'O = p'$ ,  $BO = p$ ,  $A'B' = i$  și  $AB = O$ , avem:

$$\frac{i}{O} = \frac{p'}{p}$$

relație care reprezintă a doua formulă a oglinzilor sferice, numită și formula măririi lineare care se exprimă astfel:

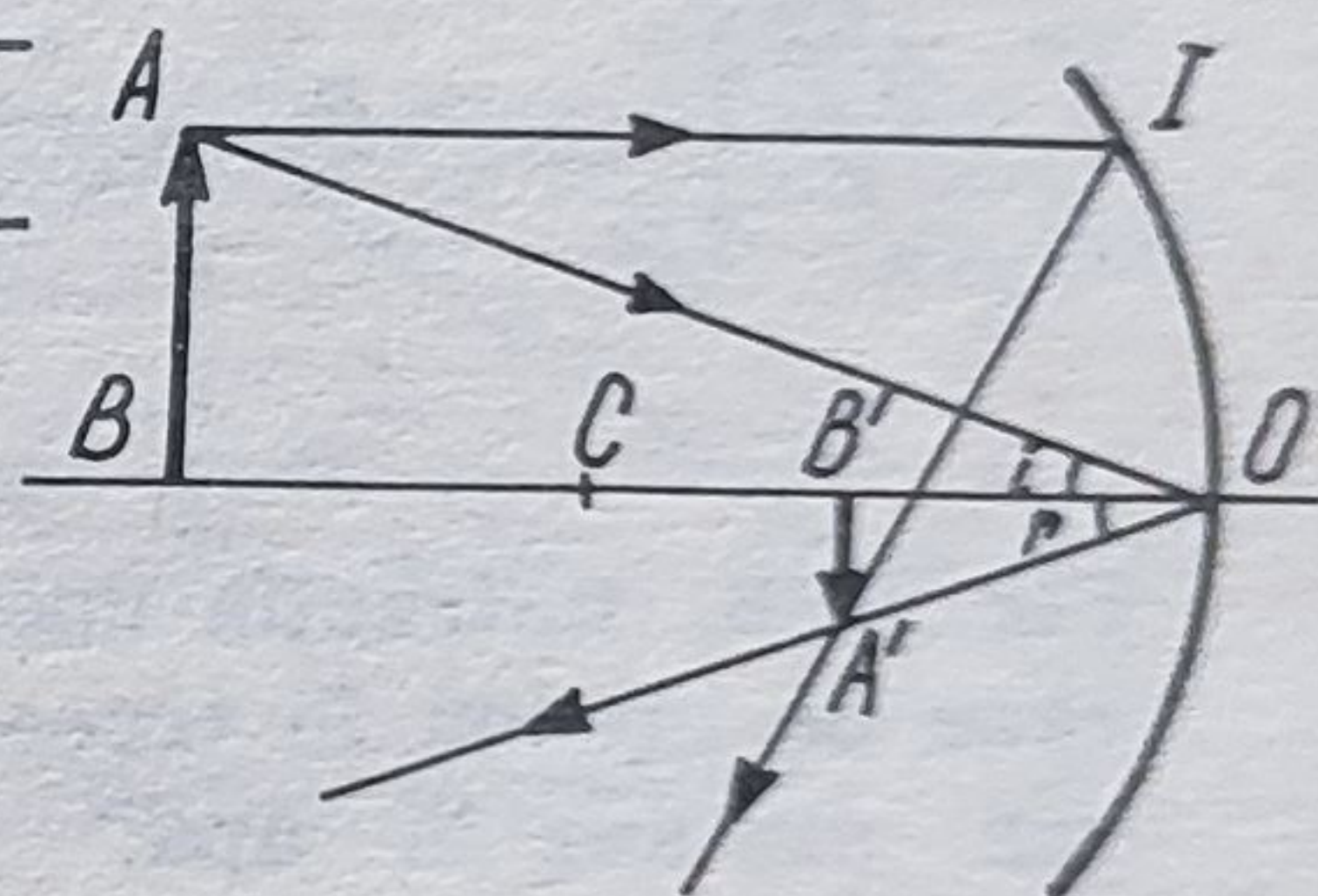


Fig. 2.11. Stabilirea relației între mărimea imaginii și mărimea obiectului.

Raportul dintre mărimea lineară a imaginii și mărimea lineară a obiectului este egal cu raportul dintre distanța imaginii și distanța obiectului de vârful oglinzii.

La aplicarea formulelor  $p$  se ia pozitiv în toate cazurile,  $p'$  se ia pozitiv dacă imaginea este reală și negativ dacă este virtuală.  $R$  și  $f$  se iau pozitive la oglinzile convexe.

### 2.3. Legile refracției

Dacă o rază de lumină SI cade pe o suprafață transparentă și plană, pătrunzînd în interiorul acesteia suferă o deviație față de di-



recția ei inițială. Se spune că raza IR se refractă. În cazul când direcția fasciculului de raze este normală pe suprafață, el își continuă drumul în mediul al doilea fără a fi deviat.

Unghiul de refracție este unghiul format de normala la suprafață cu raza refractată. El se schimbă odată cu schimbarea mediului. Ori de câte ori un fascicul luminos trece dintr-un mediu mai puțin dens (de exemplu, aerul), într-un mediu mai dens (de exemplu apa), raza se apropie de normală, și invers (fig.2.12).

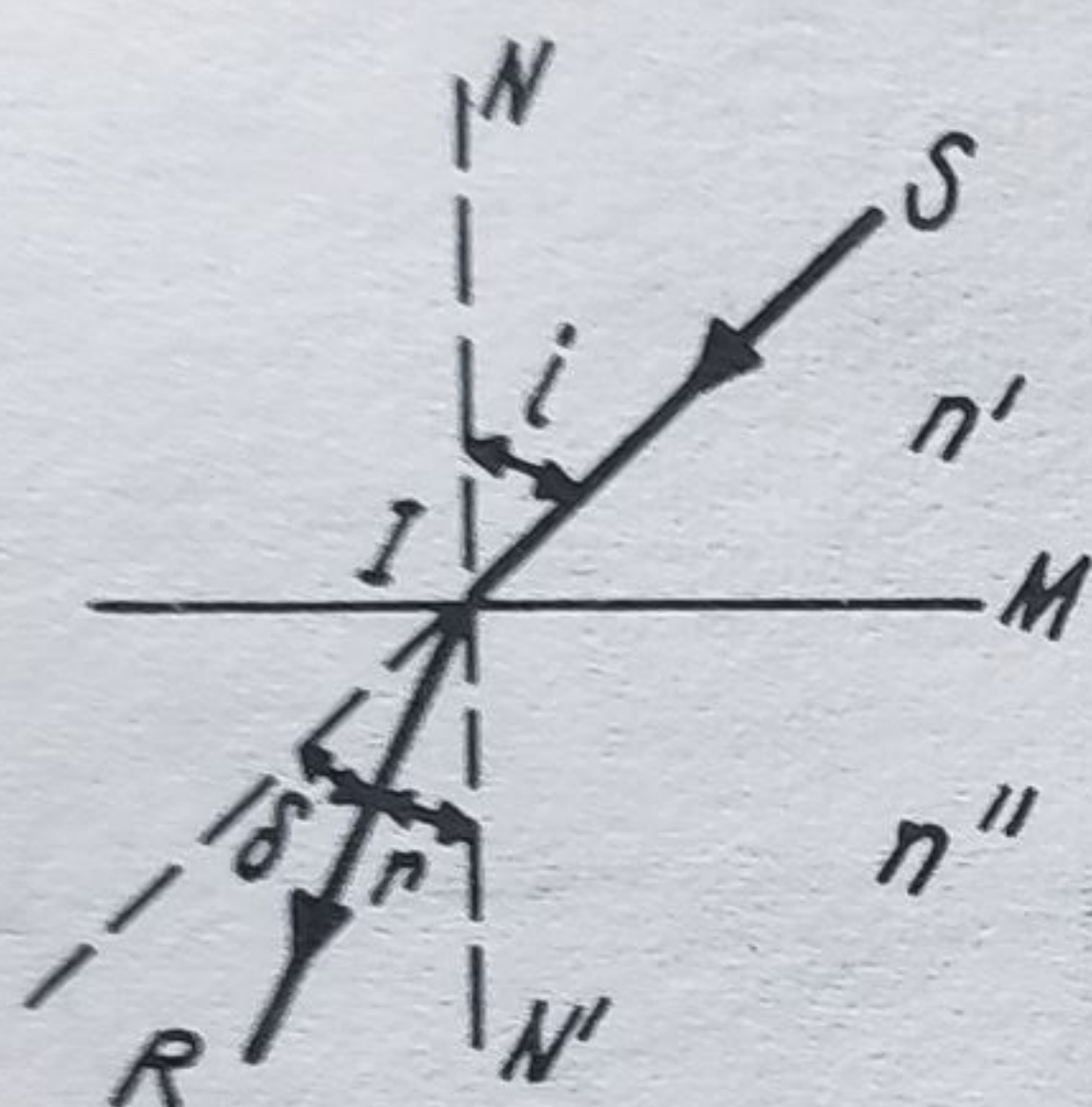


Fig.2.12. Refracția unei raze de lumină în trecerea din aer în apă.

Între unghiul de incidență  $i$  și unghiul de refracție  $r$  există următoarea relație :

$$n' \sin i = n'' \sin r$$

în care:

$n'$  este indicele de refracție al mediului întâi;

$n''$  - indicele de refracție al mediului al doilea.

Unghiul de deviație este:

$$\delta = i - r.$$

Refracția luminii se face după următoarele legi:

Legea I. Raza refractată IR se găsește în același plan cu raza incidentă SI și cu normala N la suprafața de separare dintre cele două medii, dusă în punctul de incidență I.

Legea II. Raportul dintre sinusul unghiului de incidență  $i$  și sinusul unghiului de refracție  $r$ , pentru două medii este o mărime constantă, care se numește indicele de refracție al celui de al doilea mediu în raport cu primul. Se va scrie:

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n$$



Pentru aer indicele de refracție se consideră egal cu 1.

Fenomenele optice sînt reversibile. Dacă raza care se propagă în mediul întâi după direcția SI (fig. 2.12), trecînd în mediul al doilea se refractă după direcția IR, atunci și invers, dacă raza vine din mediul al doilea după direcția IR, va urma în mediul întâi drumul IS.

Dacă se variază unghiul de incidență al unei raze care trece dintr-un mediu mai puțin dens de la incidența normală ( $i=0^\circ$  pînă la incidență de  $90^\circ$  a razei ( $i=90^\circ$ ), unghiul de refracție va crește și el plecînd de la zero. Unghiul de refracție rămîne însă mai mic decît unghiul de incidență, neatingînd  $90^\circ$ .

Dacă însă fasciculul luminos incident trece dintr-un mediu mai dens, într-altul mai puțin dens (fig. 2.13), fasciculul de lumină refractat se depărtează de normală, putînd să ajungă la  $90^\circ$

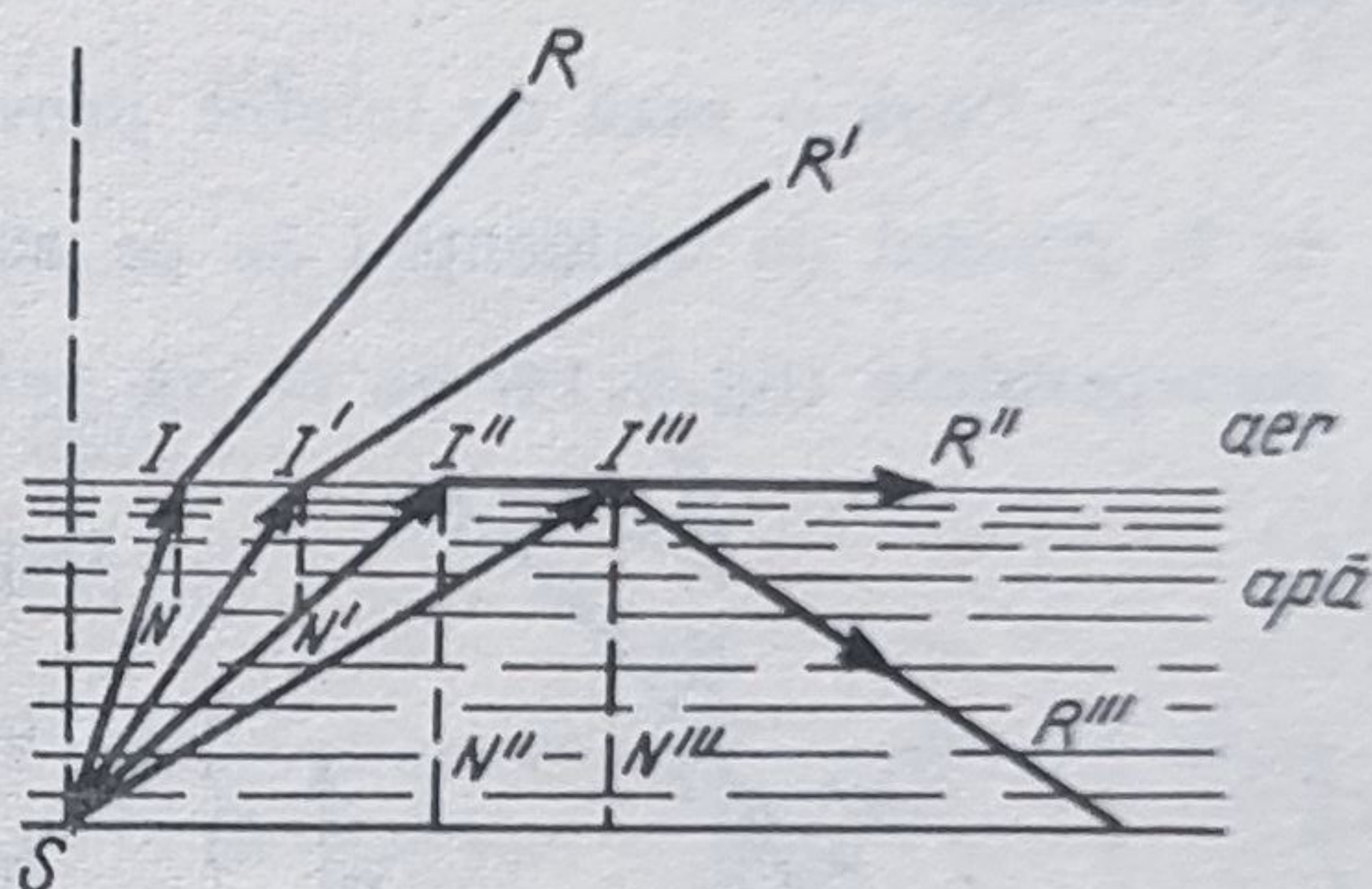


Fig. 2.13. Reflexia totală.

față de aceasta. Unghiul de incidență pentru care se obține un unghi de refracție de  $90^\circ$  se numește unghiul limită; acesta diferă de la o substanță la alta și se calculează cu formula:

$$\sin \ell = \frac{n''}{n'} \cdot (n' > n'').$$

La unghiuri de incidență mai mari decît  $\sin \ell$  nu mai are loc o trecere a fasciculului în mediul mai puțin dens; razele sînt reflectate în primul mediu conform legilor reflexiei; acest fenomen se numește reflexia totală și unghiul  $\ell$  se numește unghiul limită al reflexiei totale.

Valoarea unghiului limită pentru cîteva medii este următoarea :



Pentru aer indicele de refracție se consideră egal cu 1.

Fenomenele optice sînt reversibile. Dacă raza care se propagă în mediul întâi după direcția SI (fig. 2.12), trecînd în mediul al doilea se refractă după direcția IR, atunci și invers, dacă raza vine din mediul al doilea după direcția IR, va urma în mediul întâi drumul IS.

Dacă se variază unghiul de incidență al unei raze care trece dintr-un mediu mai puțin dens de la incidența normală ( $i=0^\circ$  pînă la incidența de  $90^\circ$  a razei ( $i=90^\circ$ ), unghiul de refracție va crește și el pînă de la zero. Unghiul de refracție rămîne însă mai mic decît un-

ghiul de incidență, neatingînd  $90^\circ$ .

Dacă însă fasciculul lu-

minos incident trece dintr-un me-

diu mai dens, într-altul mai pu-

țin dens (fig. 2.13), fasciculul de

lumină refractat se depărtează de

normală, pînă să ajungă la  $90^\circ$

față de aceasta. Unghiul de inci-

dență pentru care se obține un

unghi de refracție de  $90^\circ$  se numește unghiul limită; acesta difere de la o substanță la alta și se calculează cu formula:

$$\sin \ell = \frac{n''}{n'} \cdot (n' > n'').$$

La unghiuri de incidență mai mari decît  $\sin \ell$  nu mai are loc

o trecere a fasciculului în mediul mai puțin dens; razele sînt reflecta-

te în primul mediu conform legilor reflexiei; acest fenomen se numește

reflexia totală și unghiul  $\ell$  se numește unghiul limită al reflexiei tota-

le.

Valoarea unghiului limită pentru cîteva medii este următoarea :

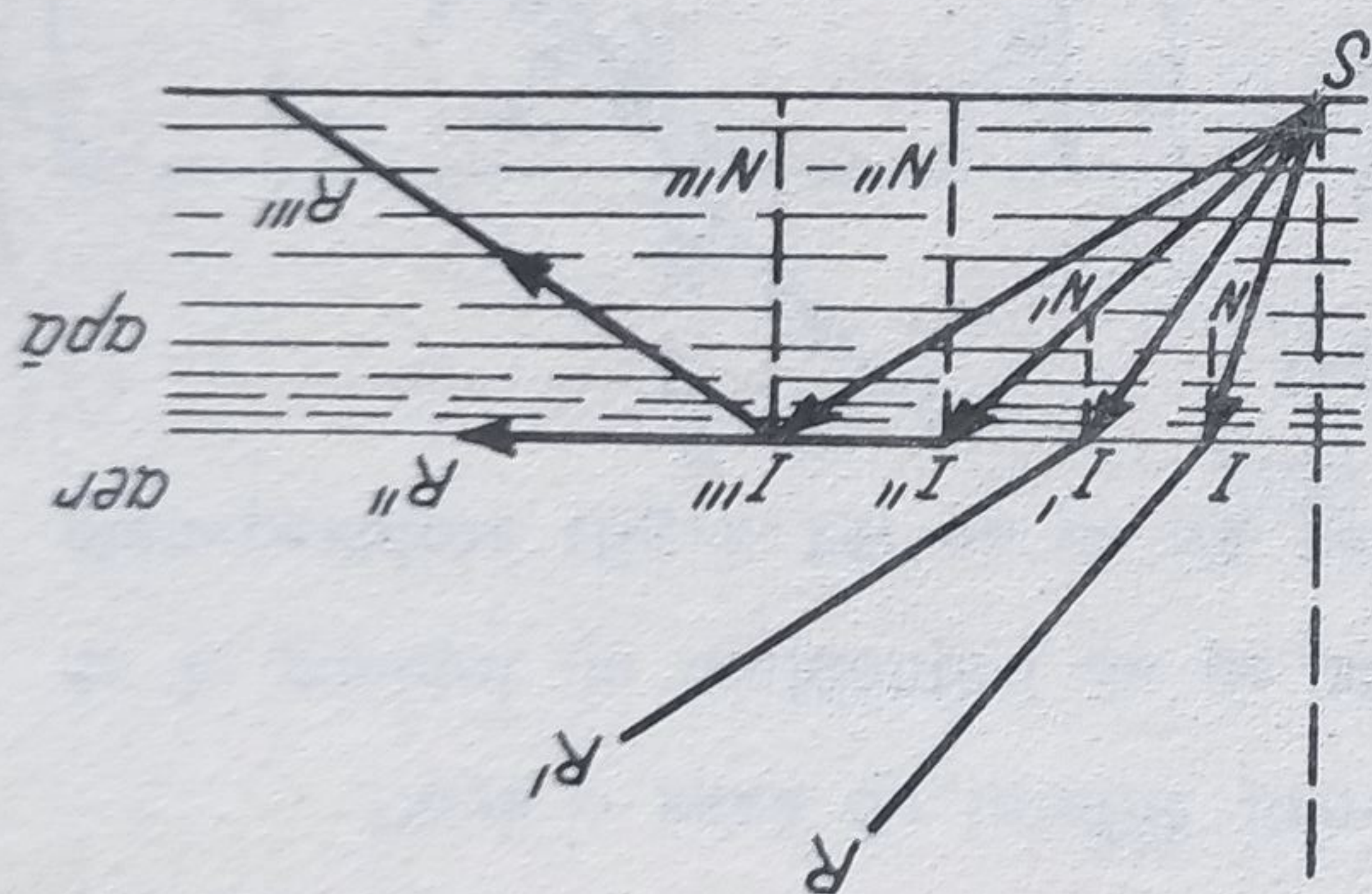


Fig. 2.13. Reflexia totală.



- apă,  $n = 1,33$ , unghiul limită  $49^\circ$ ;
- sticlă ordinară,  $n = 1,5$ , unghiul limită  $42^\circ$ ;
- sticlă flint,  $n = 1,66$ , unghiul limită  $37^\circ$ .

După cum se vede după aceste valori, unghiul limită variază în sens invers cu indicele de refracție.

### 2.3.1. Refracția în lame de sticlă cu fețele plan-paralele.

O lamă cu fețele plan-paralele este un mediu transparent cuprins între două suprafețe plane și paralele introdus într-un mediu de asemenea transparent.

Dacă o rază de lumină provenită de la un punct luminos S cade în punctul de incidență I de pe suprafața unei lame de sticlă cu fețe plan-paralele (fig.2.14) ea se va refracta după IP și va ieși după PR

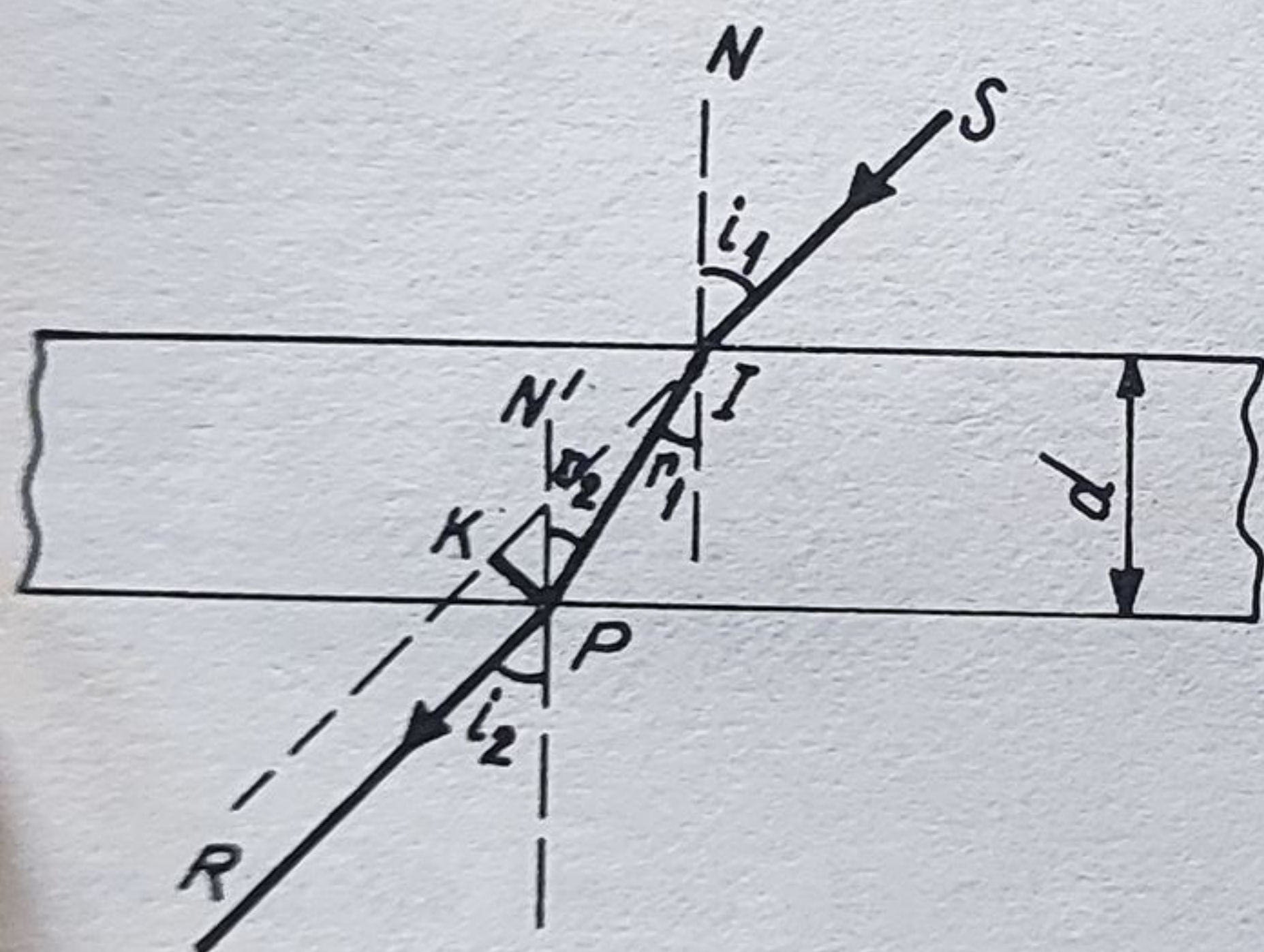


Fig.2.14. Refracția în lama cu fețe plan-paralele.

După legile refracției :

$$\text{In I: } \sin i_1 = n \sin r_1$$

$$\text{In P: } \sin i_2 = n \sin r_2;$$

$$\text{dar: } r_1 = r_2 \text{ (alterne interne).}$$

$$\text{De unde: } i_2 = i_1.$$

Unghiul  $i_2$  se numește unghiul de emergentă, iar raza RP-raza emergentă.

Prin urmare, unghiul de incidență fiind egal cu unghiul de emergentă rezultă că raza emergentă RP este paralelă cu raza incidentă SI.

Mărimea deplasării razei SI este  $PK = \delta$

sau egală cu  $IP \sin (i_1 - r_1)$ . Notînd cu  $d$  grosimea lamei,  $IP = \frac{d}{\cos r_1}$

$$\text{Deci, } \delta = d \frac{\sin (i_1 - r_1)}{\cos r_1}.$$



Mărimea deplasării  $\delta$  depinde de unghiul de incidență și de grosimea  $d$  a lamei.

2.3.2. Imaginea unui punct prin lama cu fețe paralele. Considerăm (fig. 2.15) o lamă cu fețe plan-paralele de grosime  $e$  așezată în fața traiectoriei unui fascicul de raze luminoase. Raza SIO este deplasată după JO'. Mărimea deplasării OH este:

$$OH = \delta = ei \left(1 - \frac{1}{n}\right).$$

Din triunghiul OHO',

$$OH = OO' \sin i,$$

unghiul  $i$  fiind considerat mic

$$OH = OO' \cdot i.$$

Înlocuind în (1) se obține

$$OO' \cdot i = ei \left(1 - \frac{1}{n}\right),$$

simplificând

$$OO' = e \left(1 - \frac{1}{n}\right).$$

Deci, toate razele unui fascicul converg în O', care este imaginea lui O în traversarea unei lame cu fețe plan-paralele.

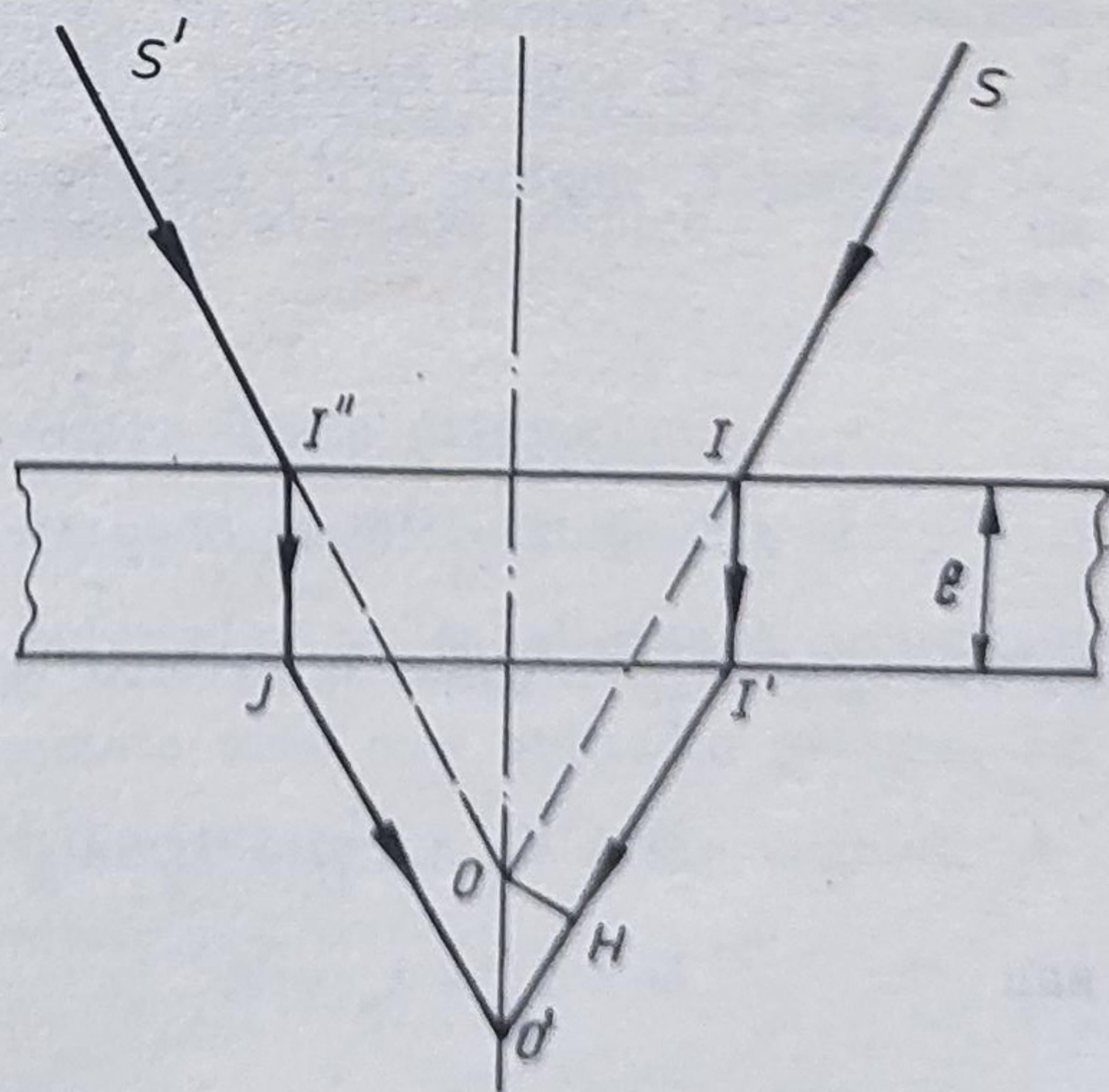


Fig. 2.15. Imaginea unui punct la traversarea unei lame cu fețe plan-paralele.



La trecerea razei SI din aer în prismă, din legea a doua a refracției, aplicată în I, avem:

în prismă, din legea a doua a refracției, aplicată în I, avem:

iar în I' avem:

$r_1 + r_2 = E$  (unghi exterior triunghiului  $EII'$ );  $E = A$  (având același suplement, unghiul  $IEI'$ ; patrulaterul  $AI EI'$  este inscriptibil) și deci:

În triunghiul  $\Pi'F$  se observă că unghiul  $F\Pi' = i_1 - r_1$  și  $F\Pi'I = i_2 = r_2$ . Unghiul D exterior triunghiului  $\Pi'F$  este egal cu:

82U

$$D = i_1 + i_2 - A \quad (4)$$



Unghiul  $D$  se numește unghi de deviație. Valoarea lui depinde de unghiul  $A$  al prisme, de natura materialului transparent al prisme, precum și de unghiul  $i_1$  al razei incidente.

Deviația  $D$  este minimă  $D_m$  când unghiul de emergență  $i_2$  este egal cu unghiul de incidență  $i_1$  ( $i_1 = i_2$ ).

Rezultă că  $r_1 = r_2$ .

După relația (3),  $r_1 = \frac{A}{2}$ .

Din (4) se obține  $D_m = 2i_1 - A$ ;  $i_1 = \frac{D_m + A}{2}$

După legile refracției  $n = \frac{\sin i_1}{\sin r_1}$ ; înlocuind valorile

lui  $i_1$  și  $r_1$  rezultă:

$$n = \frac{\sin \frac{D_m + A}{2}}{\sin \frac{A}{2}} \quad (5)$$

formulă care permite calcularea indicelui de refracție al prisme.

Prismele sînt utilizate îndeosebi la aparatele optice, pentru determinarea indicelui de refracție, în spectroscopie, la confecționarea aparatelor de descompunere a luminii albe, binocluri etc.

Prismele prezintă următoarele avantaje tehnice față de oglinzi:

- constanța unghiurilor dintre fețele prismelor;
- asamblarea mai comodă și reglajul mai sigur ;
- fețele reflectante ale prismelor nu se alterează cu timpul.

În figura 2,17 sînt prezentate cele mai utilizate prisme. La aceste prisme unghiurile  $B$  și  $C$  sînt egale cu  $45^\circ$ , iar unghiul  $A$  cu  $90^\circ$ .



Dacă raza  $S$  (fig. 2.17, a) cade pe ipotenuza  $BC$  sub un unghi de  $45^\circ$ , suferă o reflexie totală și iese din prismă perpendicular pe cateta  $AB$ . Unghiul dintre raza incidentă și raza reflectată este de  $90^\circ$ .

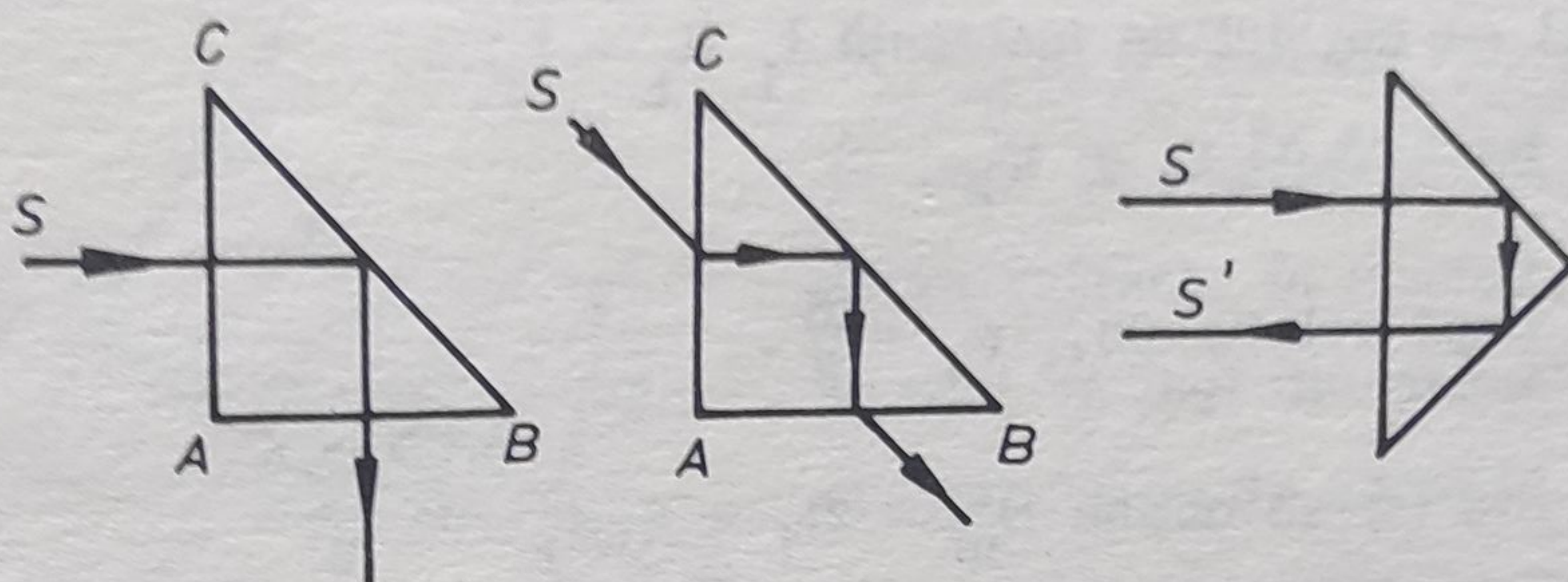


Fig. 2.17. Prismă refringentă.

În figura 2.17, b raza  $S$  cade pe fața  $AC$  paralel cu ipotenuza  $BC$ ; după refracție întâlnește fața ipotenuzei sub un unghi ceva mai mare de  $45^\circ$  se reflectă și iese prin fața  $AB$ .

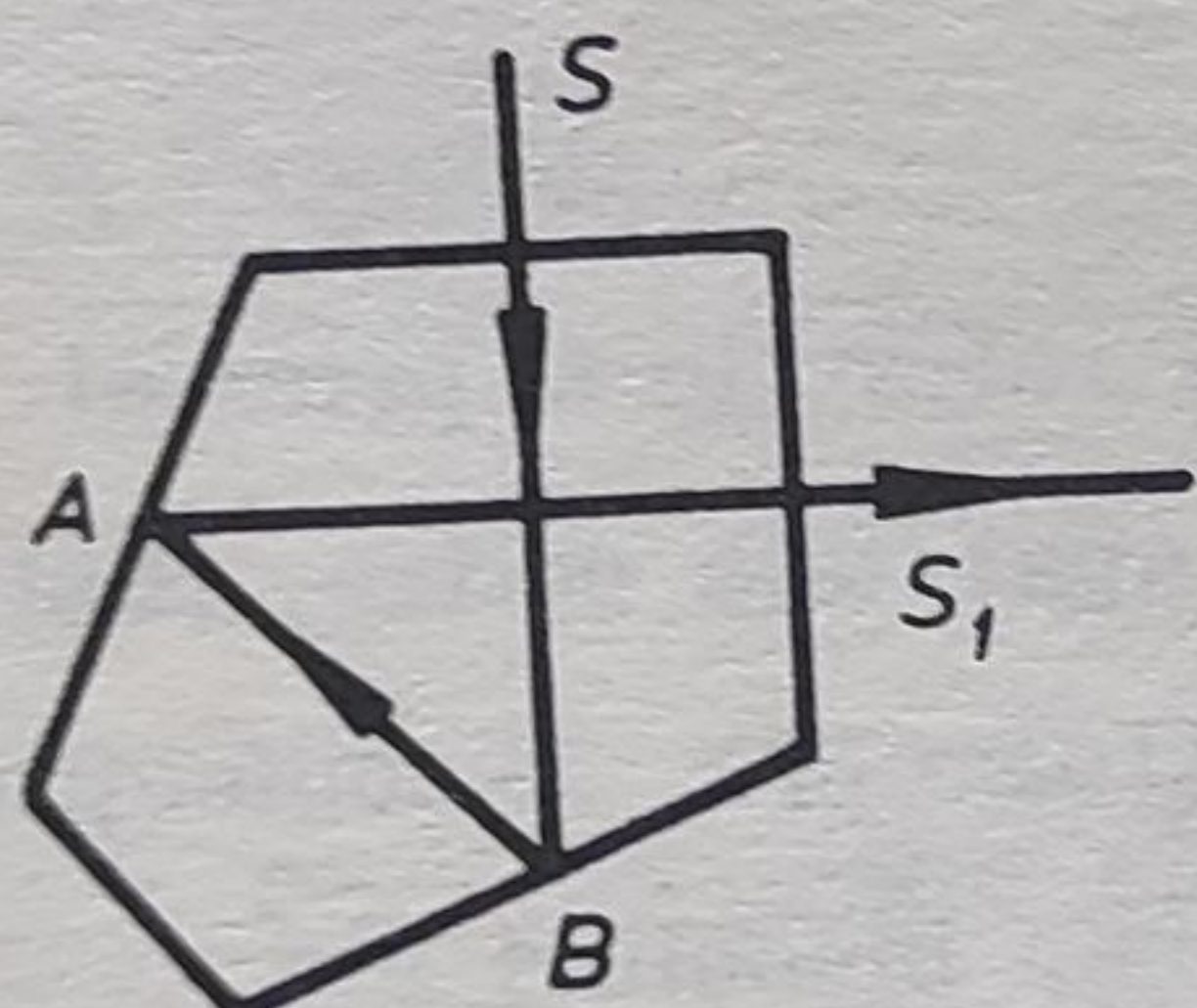


Fig. 2.18. Prismă pentagonală.

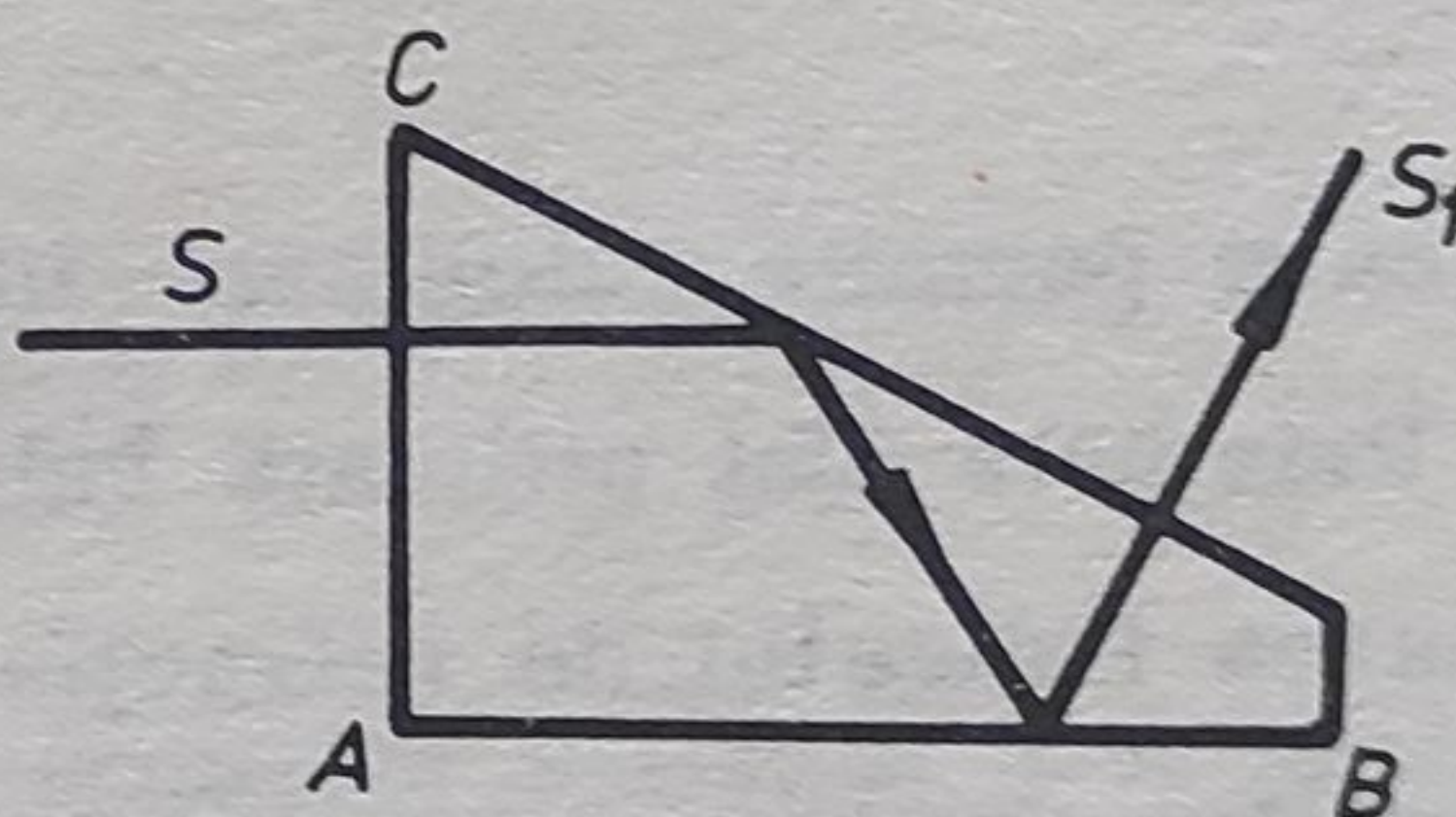


Fig. 2.19. Prismă ocular.

În figura 2.17 c, prisma este astfel așezată încât imaginea este rotită cu  $180^\circ$ , iar în figura 2.18 o pentaprisma, la care direcția razei reflectate  $S_1$  formează întotdeauna cu raza incidentă  $S$  un unghi de  $90^\circ$ .

În figura 2.19 este reprezentată o prismă ocular care are rolul de a devia axa de vizare cu  $60-70^\circ$ . Suprafața  $AB$  a prisme este argintată.



## 2.4. Lentile

2.4.1. Clasificarea lentilelor. O lentilă este un mediu transparent (de obicei din sticlă) limitat de două suprafețe sferice sau de una sferică și una plană.

Lentilele (fig.2.20), după formă, se pot clasifica în două categorii:

- lentile convergente;
- lentile divergente.

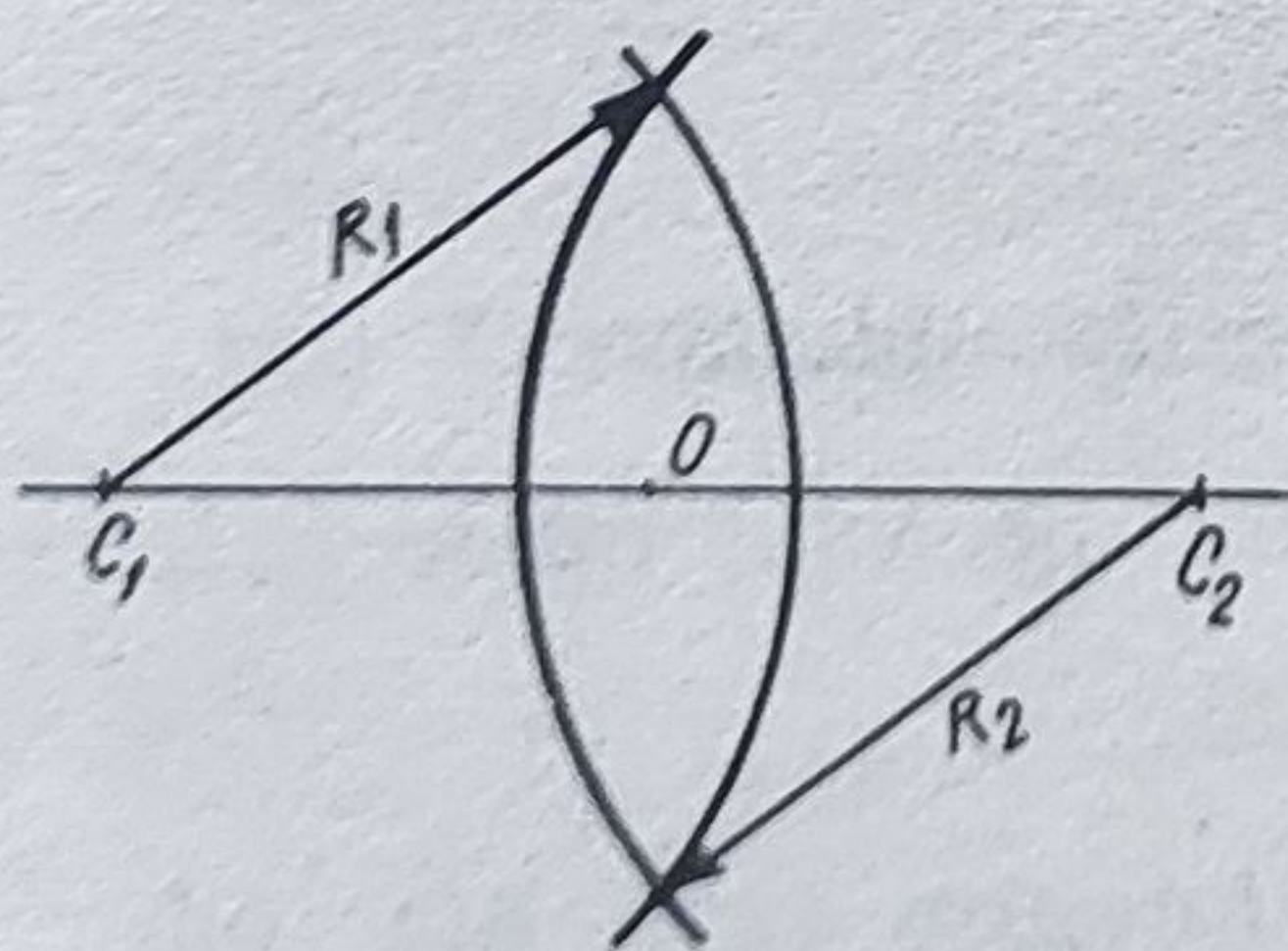
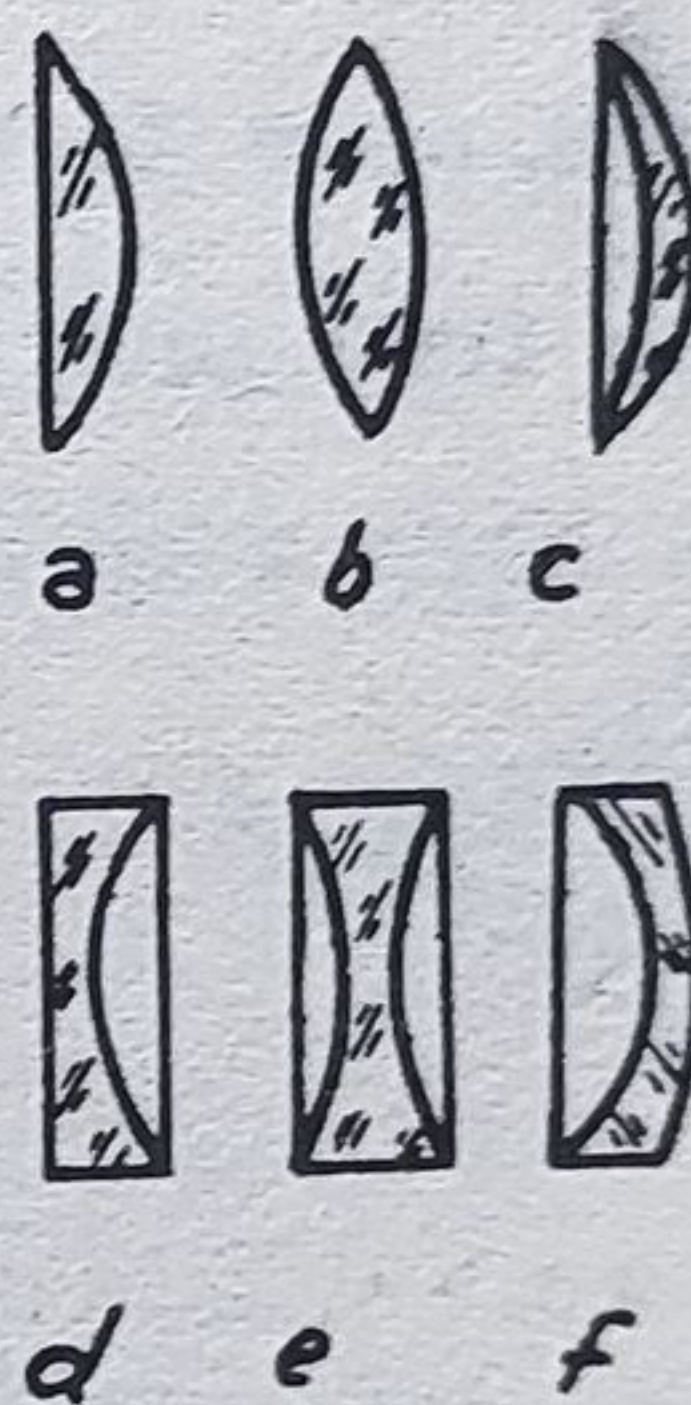
La o lentilă se disting (fig.2.21):

- razele de curbură

sînt razele  $R_1$  și  $R_2$  ale suprafețelor sferice ;

Fig.2.20. Tipuri de lentile:

a- plan-convexă; b-biconvexă;  
c- menisc convergent; d-plan-concavă; e- biconcavă; f- menisc divergent.



- centrele de curbură  $C_1$  și  $C_2$  ale celor două suprafețe sferice;

- axa principală este dreapta care unește cele două centre de curbură  $C_1$  și  $C_2$ ;

- centrul optic este punctul o situat pe axa principală, la intersecția ei cu lentila.

Fig.2.21. Caracteristicile geometrice ale lentilelor.



Lentilele convergente se mai numesc lentile pozitive, iar lentilele divergente negative.

Lentilele care au ambele suprafețe curbate în același sens se numesc meniscuri (meniscos în grecește, înseamnă luna mică).

Dacă un fascicul de lumină format din raze paralele provine de la o sursă luminoasă așezată la infinit, cade peste fața unei lentile convergente, raza care trece prin centrul lentilei nu se va refracta, iar celelalte toate vor fi refractate.

După refracție toate razele se întâlnesc aproape într-un singur punct, numit focarul  $F$  (fig. 2.22).

Distanța de la focar la lentilă se numește distanța focală și se notează cu litera  $f$ .

Razele, care în fața lentilei sînt paralele cu axa ei, după ce străbat lentila trec prin focar. Raza emisă de obiect care întâlnește

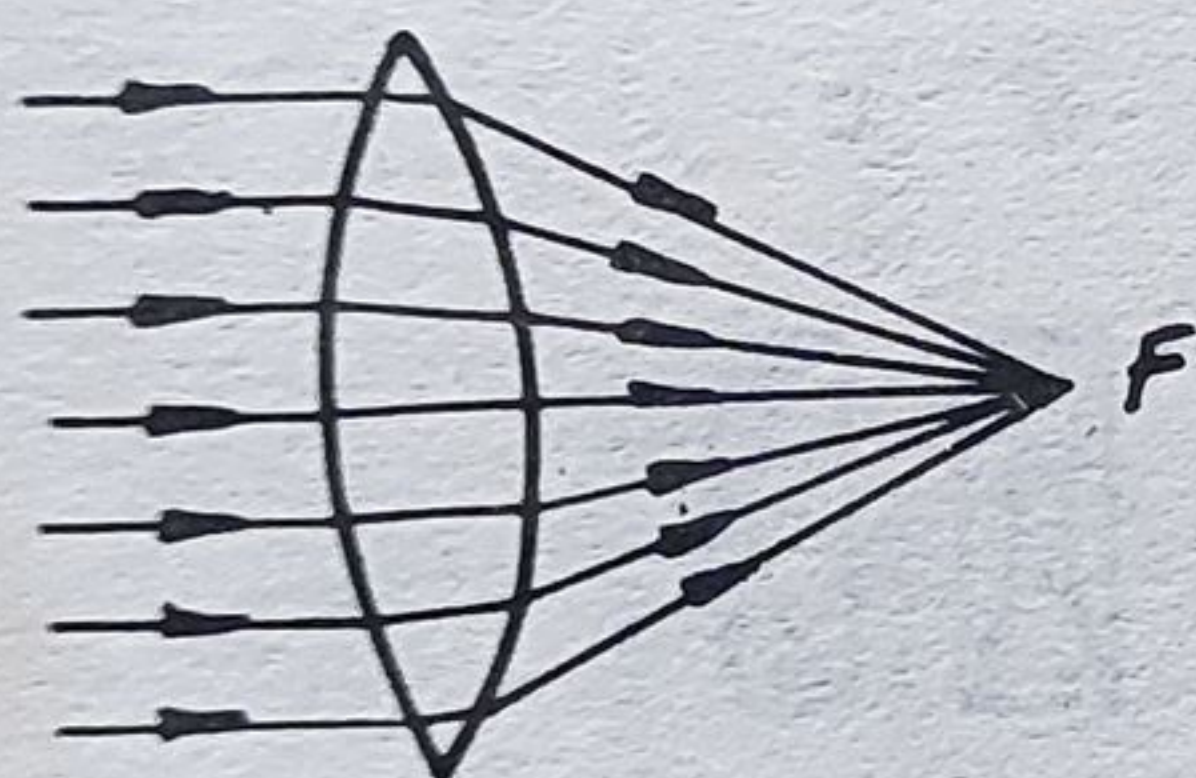


Fig. 2.22. Focarul lentilelor.

direct centrul lentilei trece mai departe în linie dreaptă prin centrul optic al lentilei,

Lentilele puternic bombate au distanța focală mică, iar razele converg la o distanță mică.

Lentilele puțin bombate au distanța focală mare, iar razele converg la o distanță mare de lentilă.

2.4.2. Formulele lentilelor. Luăm o lentilă biconvexă (fig. 2.23) și un obiect  $AB$  ce este așezat perpendicular pe axul optic principal dincolo de focarul  $F$ .

Pentru construirea imaginii punctului  $A$  folosim raza  $AO$  care merge paralel cu axul optic și apoi se refractă prin focar și raza dusă prin centrul lentilei, care trece fără să se refracte. La inter -



secția razelor ieșite din lentilă obținem imaginea  $A'$  a punctului  $A$ . Ridicînd din punctul  $A'$  o perpendiculară pe axul optic se obține punctul  $B'$ , adică imaginea punctului  $B$ .

Notăm cu  $p$ , distanța între obiectul  $AB$  și centrul optic al lentilei, cu  $p'$  distanța între imaginea  $A'B'$  și centrul optic al lentilei și cu  $f$  distanța focală  $FC$ .

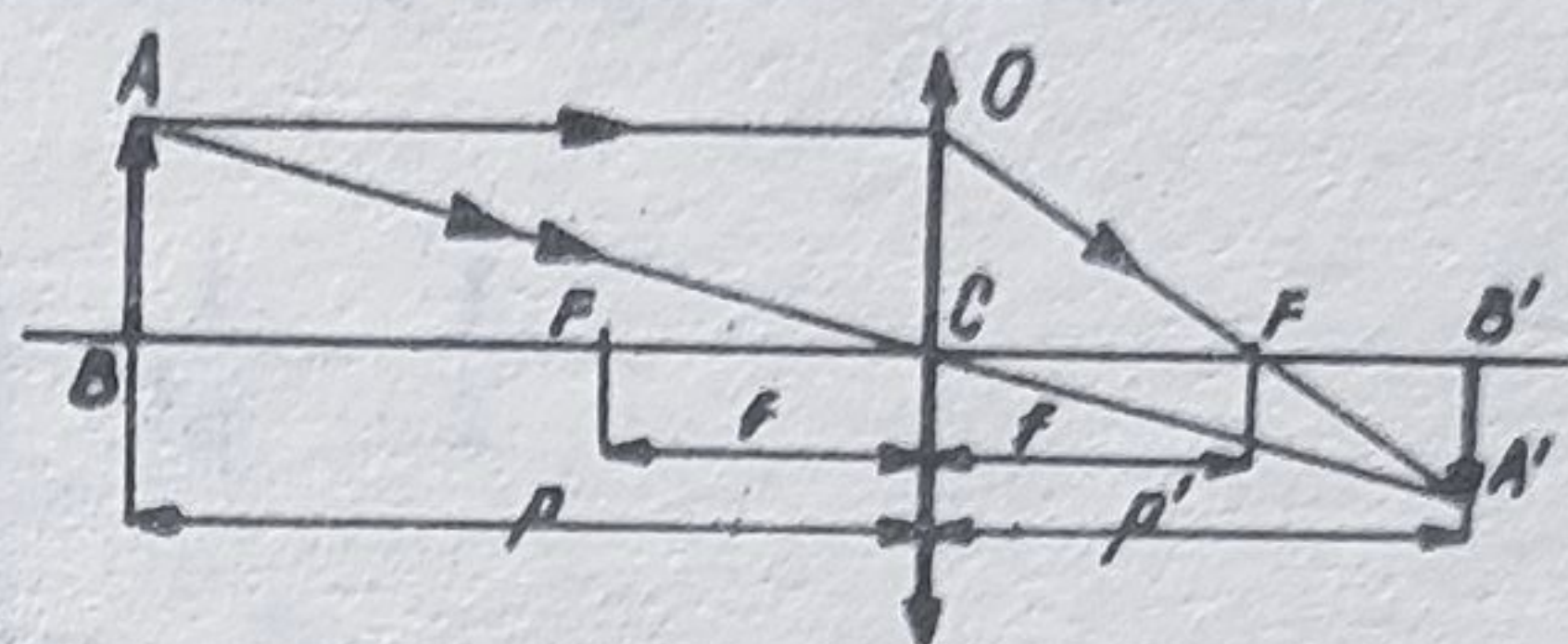


Fig.2.23. Formulele lentilelor.

Triunghiurile  $ABC$  și  $A'B'C'$  fiind asemenea, se poate scrie că:

$$\frac{AB}{A'B'} = \frac{BC}{B'C} \quad (1)$$

Triunghiurile dreptunghice  $OCF$  și  $A'B'F$  fiind asemenea, obținem raportul:

$$\frac{OC}{A'B'} = \frac{CF}{FB'}$$

Din construcție se vede că  $AB = OC$ ,

Deci:

$$\frac{AB}{A'B'} = \frac{CF}{FB'} \quad (1')$$

Din relațiile (1) și (1') rezultă:

$$\frac{BC}{B'C} = \frac{CF}{FB'}$$

Dar  $BC = p$ ,  $B'C = p'$ ;  $CF = f$  și  $FB' = p' - f$  înlocuind în relația de mai sus avem:



$$\frac{p}{p'} = \frac{f}{p' - f}$$

$$pp' - pf = p'f$$

Împărțind cu  $pp'f$  și simplificând obținem:

$$\frac{1}{f} - \frac{1}{p'} = \frac{1}{p}$$

sau:

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f}$$

Astfel găsim formula lentilelor care este denumită și formula distanțelor.

Se observă că suma inverselor distanțelor obiectului și imaginii de centrul optic al lentilei este egală cu inversul distanței focale.

Din triunghiurile asemenea  $ABC$  și  $A'B'C'$  putem scrie raportul:

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{p'}{p}$$

Aceasta este a doua formulă a lentilelor, denumită și formula mărimii lineare care se enunță astfel: raportul dintre înălțimea imaginii și înălțimea obiectului este egal cu raportul dintre distanța imaginii și distanța obiectului de centrul optic al lentilei.

#### 2.4.3. Formarea imaginilor cu ajutorul lentilelor

Pentru a forma imaginea unui obiect cu ajutorul lentilelor vom așeza obiectul perpendicular pe axul optic principal la diferite distanțe. Se observă că avem următoarele cazuri:

Cazul 1. Obiectul  $AB$  se găsește la o distanță de lentilă mai mare decât dublul distanței focale ( $p > 2f$ ) (fig. 2.24).



Dacă folosim raza care merge paralel cu axul optic și raza care trece prin centrul optic al lentilei observăm că imaginea lui este inversă, reală, mai mică decât obiectul și așezată între focar și dublul distanței focale.

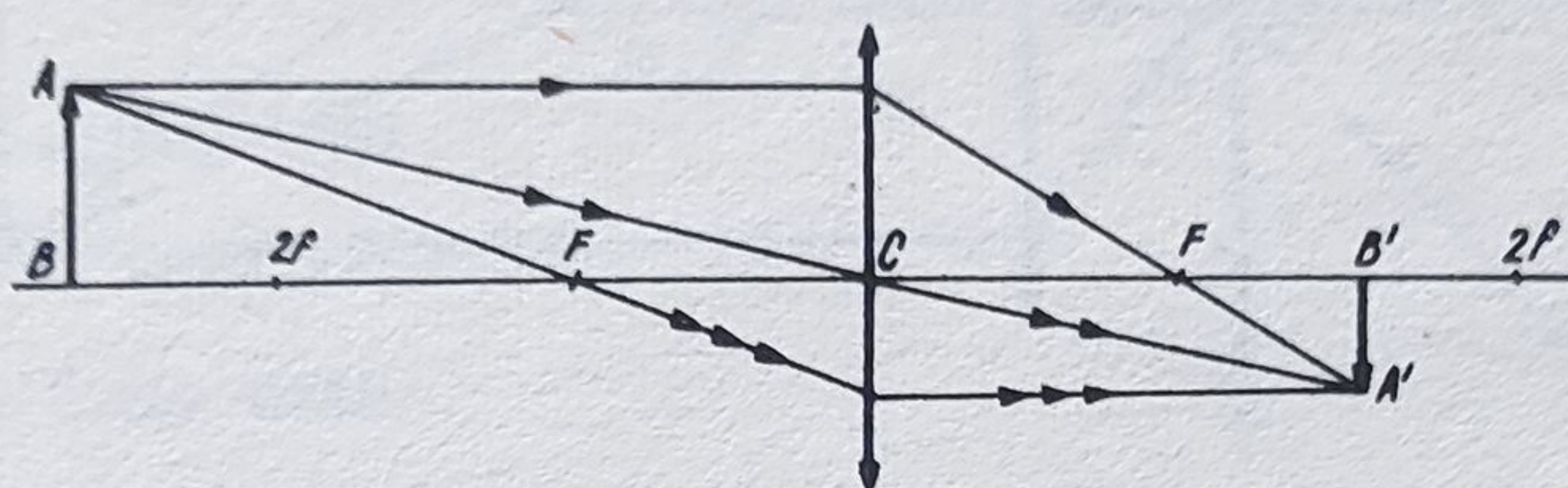


Fig.2.24. Formarea imaginilor cu ajutorul lentilelor.

Cazul II. Obiectul se găsește așezat la o distanță de lentilă egală cu dublul distanței focale ( $p=2f$ ) (fig.2.25). Folosind aceleași raze ca mai sus, se observă din figură că imaginea este inversă, reală, egală cu obiectul și situată la dublul distanței focale de lentilă.

Cazul III. Obiectul se găsește între dublul distanței focale și focar ( $2f > p > f$ ) (fig. 2.26). În cazul acesta observăm că imaginea este inversă, reală, mai mare decât obiectul și așezată dincolo de dublul distanței focale.

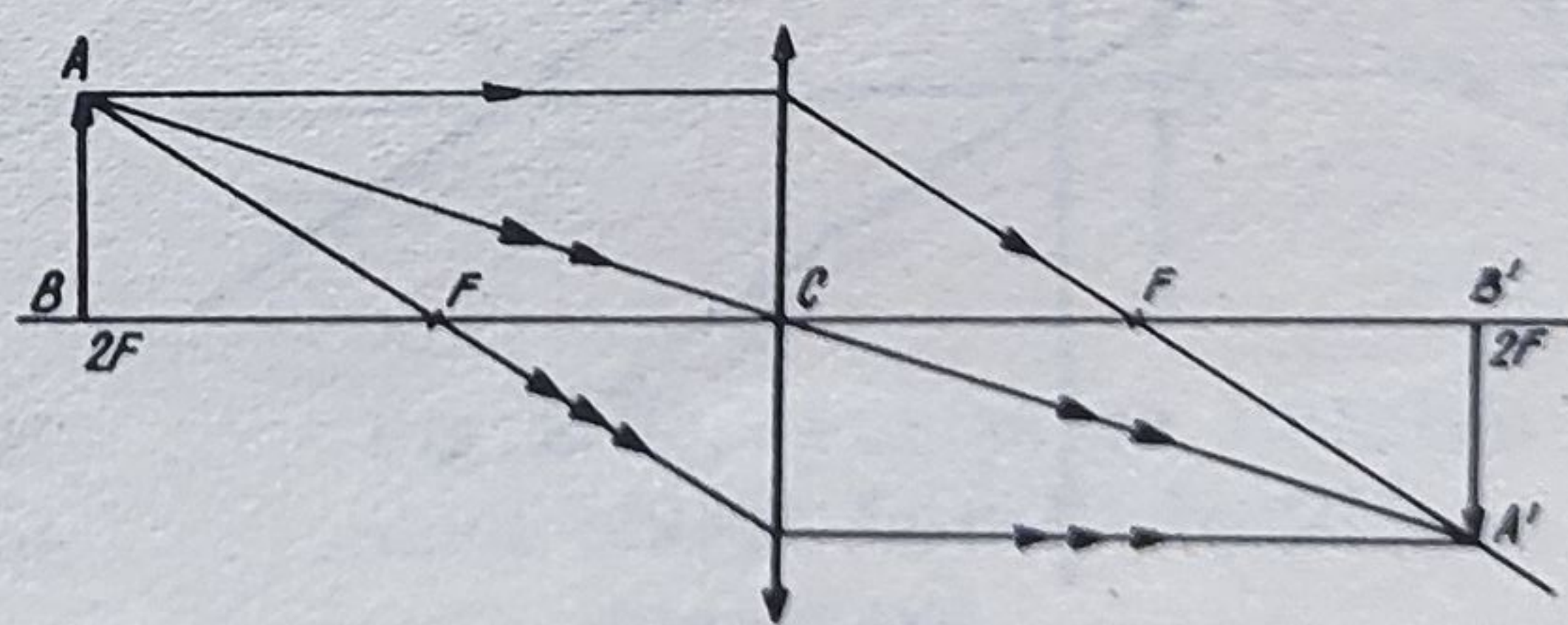


Fig.2.25. Formarea imaginii într-o lentilă când obiectul este așezat la dublul distanței focale.



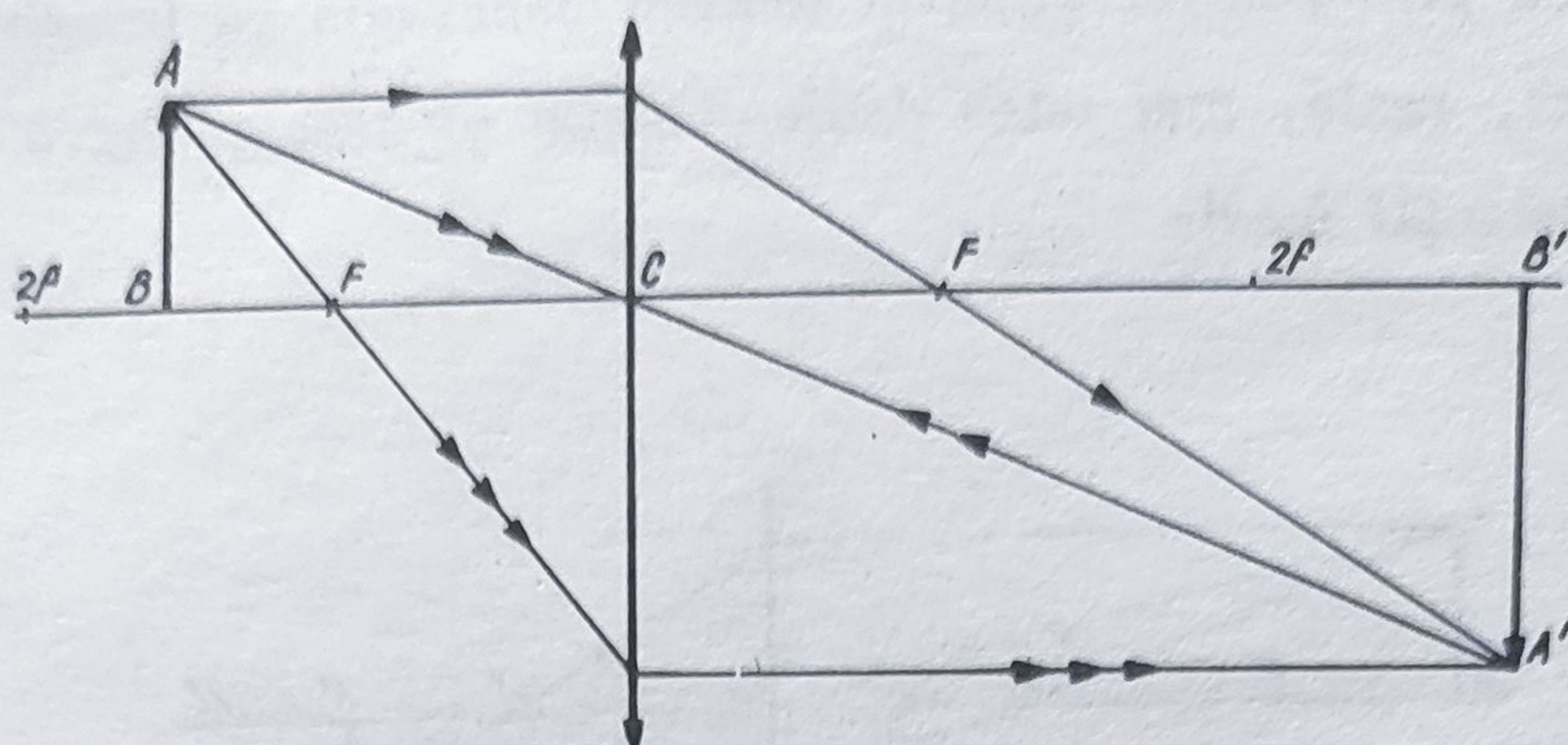


Fig. 2.26. Formarea imaginii într-o lentilă când obiectul este așezat între dublul distanței focale și focar.

Cazul IV. Obiectul se așază în focar ( $p=f$ ) (fig.2.27). Razele după refracție nu se mai intersectează, sînt paralele, imaginea obiectului nu se mai formează, dispărînd la infinit.

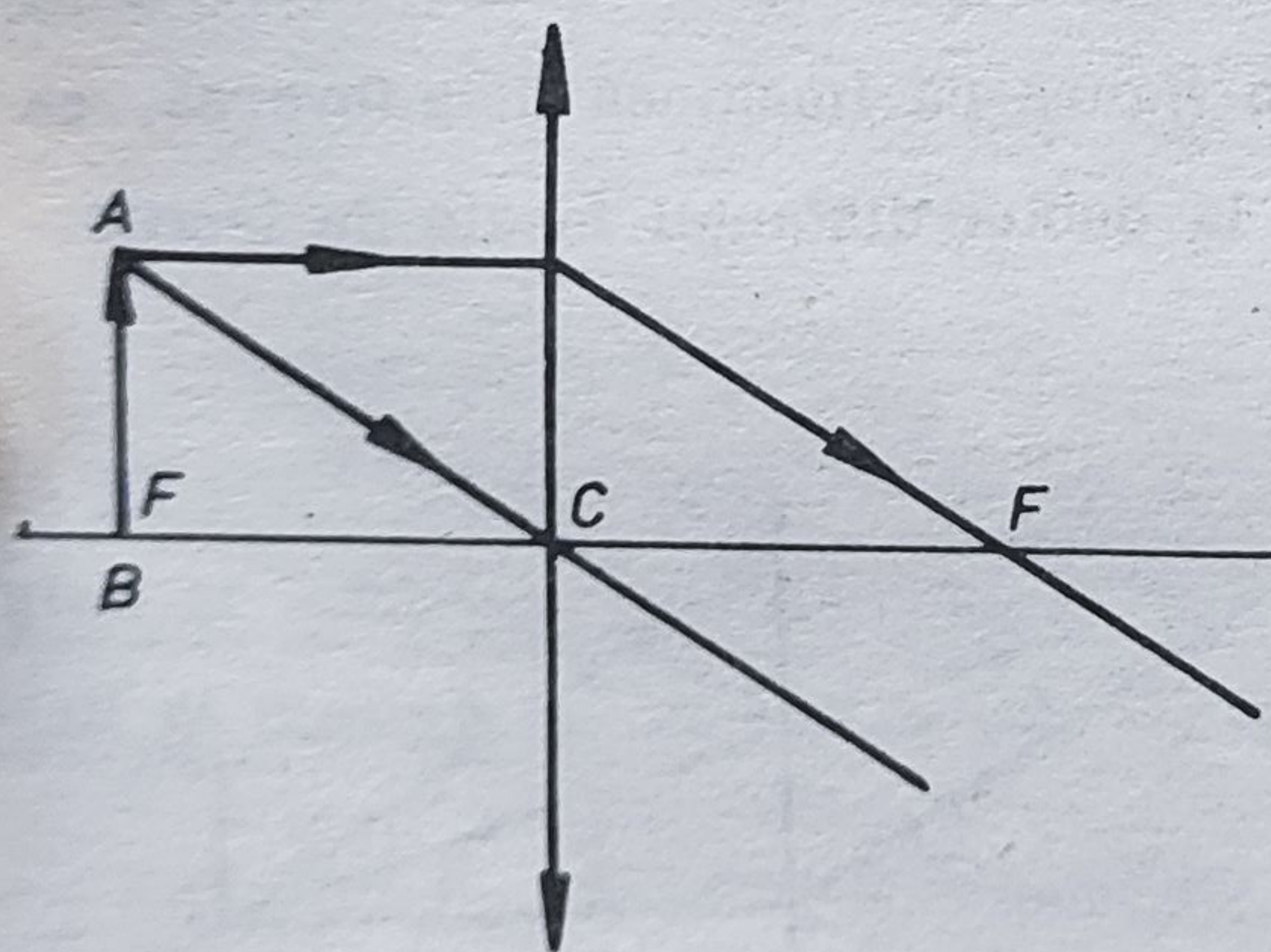


Fig.2.27. Formarea imaginii într-o lentilă când obiectul este așezat în focar.

Cazul V. Obiectul se găsește între focar și centrul optic al lentilei (fig. 2.28); și în acest caz razele la ieșirea din lentile nu se mai intersectează ci se îndepărtează una de alta. Imaginea punctului A se obține la intersecția prelungirilor acestor raze, virtuală și mai mare decît obiectul.

Cazul VI. Obiectul se găsește la o distanță infinit de mare de lentilă ( $p=\infty$ ). Razele care vin de la obiect se pot considera pa-



ralele cu axul optic, iar la trecere prin lentilă se vor refracta și se vor concentra în focarul lentilei (fig. 2.29).

Imaginea unui obiect într-o lentilă biconcavă în toate cazurile este virtuală,

dreaptă și mai mică decât obiectul. În figura 2.30 este prezentat

cazul când obiectul se găsește între focar și centrul optic al lentilei. Imaginea se obține la intersecția prelungirii razei emergente cu raza ce trece prin centrul optic al lentilei. Se observă că ea este situată între focar și centrul optic al lentilei

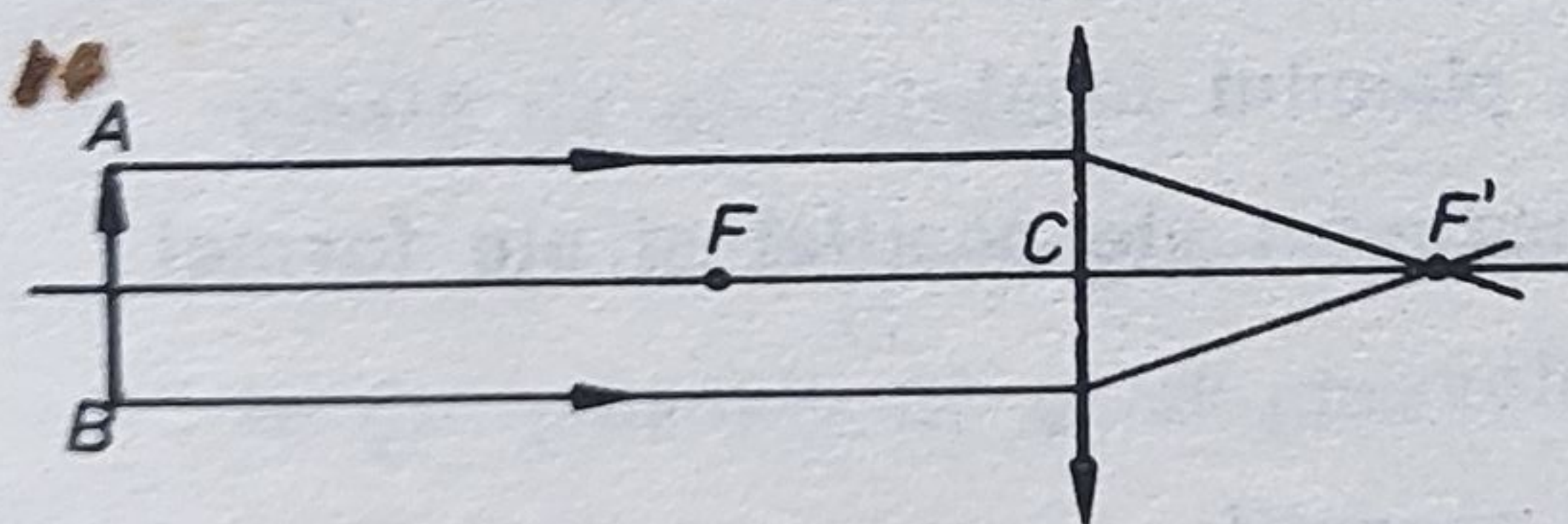


Fig. 2.29. Formarea imaginii într-o lentilă când obiectul se găsește la infinit.

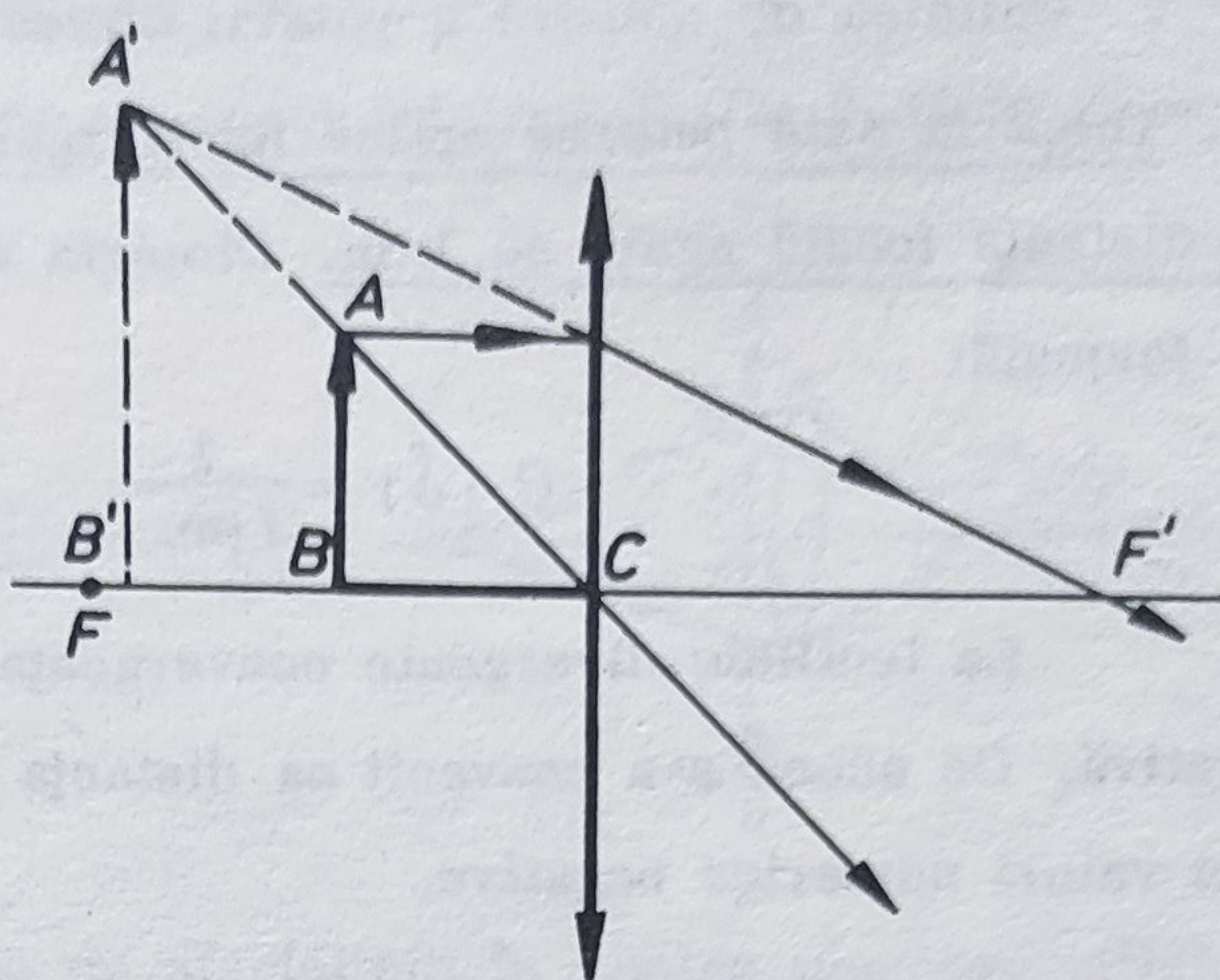


Fig. 2.28. Formarea imaginii într-o lentilă când obiectul se găsește între focar și centrul optic al lentilei.

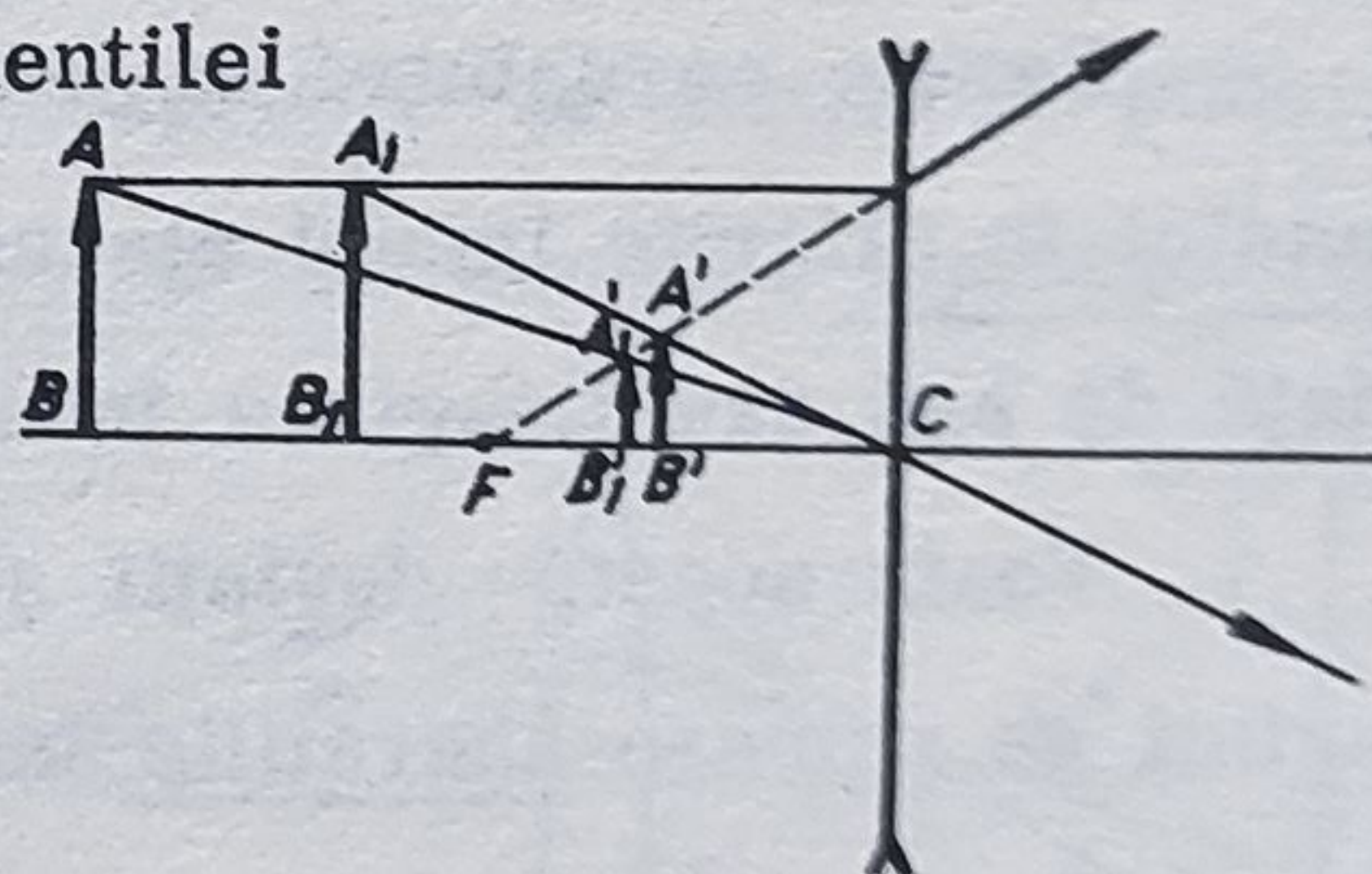


Fig. 2.30. Formarea imaginii unui obiect într-o lentilă biconcavă.

2.4.4. Puterea optică a lentilelor. Dioptria. Puterea optică sau convergența unei lentile este o mărime egală cu inversul distanței focale  $\frac{1}{f}$ .



Unitatea de măsură a puterii optice a unei lentile este dioptria. Dioptria este puterea optică (convergența) a unei lentile care are distanța focală egală cu 1 m. Dioptria se calculează cu următoarea formulă:

$$C (\delta) = \frac{1}{f (m)}$$

La lentilele divergente convergența sau puterea optică este negativă. De aceea s-a convenit ca distanța focală să fie exprimată prin valori numerice negative.

2.4.5. Aberațiile lentilelor. Din cercetarea lentilelor se constată că numai o zonă relativ mică din apropierea axei optice lasă să treacă fasciculul luminos fără a schimba direcția razelor dintr-un fascicul homocentric de raze, adică un fascicul de raze care converg într-un punct pe axă. În celelalte porțiuni ale lentilei se observă diferite denaturări care cresc pe măsură ce fasciculele de raze se apropie de marginile lentilelor.

Razele care intră în lentilă la diferite înălțimi dau imaginea punctului în diferite locuri ale axei optice, fasciculele de raze înclinate față de axă dau imaginea în afara planului focal.

Toate aceste deviații și denaturări ale poziției și ale formei imaginii se numesc aberațiile lentilelor.

Se deosebesc două grupe de aberații:

1) Aberații de sfericitate sau geometrice, datorită abaterilor de la condiția de stigmatism ( fiecărui punct al obiectului să-i corespundă un singur punct de imagine).

1) Aberațiile exomatice, adică deviațiile obținute ca urmare a refracției neuniforme a diferitelor raze colorate.



Aberații de sfericitate. Să considerăm pe axul optic principal al unei lentile convergente un punct luminos  $S$  (fig. 2.31, a) care emite o lumină monocromatică.

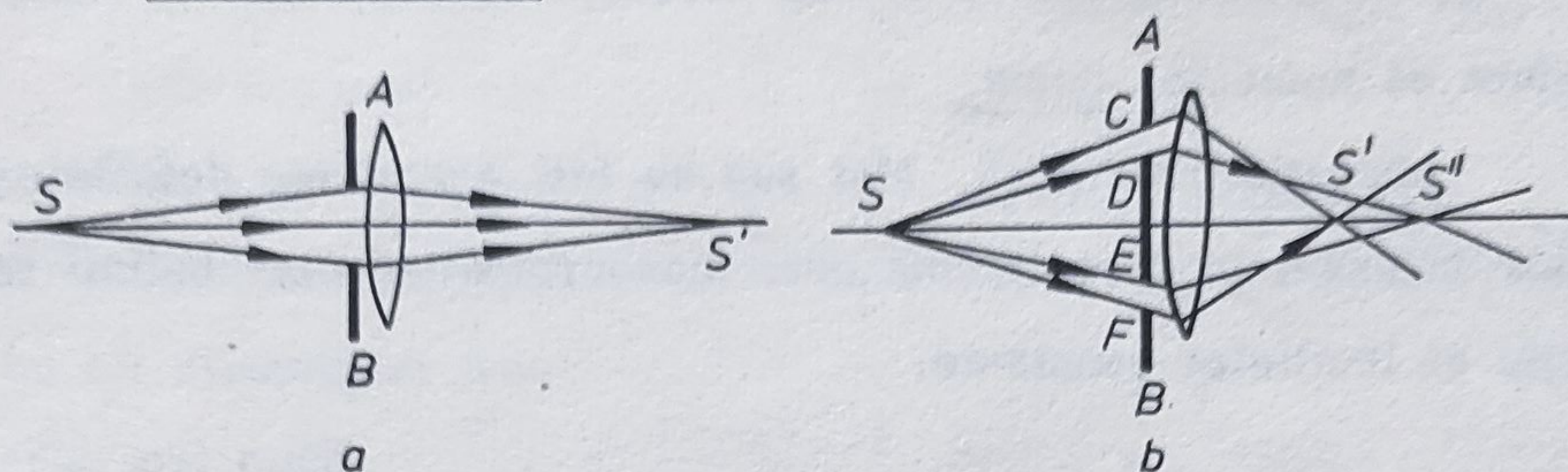


Fig. 2.31. Aberația de sfericitate în lumina monocromatică.

Cu ajutorul unui ecran opac  $AB$  prevăzut cu un orificiu circular (diafragmă circulară), să separăm fasciculul de raze paraxiale care după ce cade pe lentilă se refractă în mod egal și se întâlnesc în punctul  $S'$  la distanța  $S$  de lentilă. Apoi înlocuim acest ecran cu unul ce are o deschizătură inelară  $CD, EF$  (fig. 2.31, b). Această diafragmă va permite să treacă numai razele marginale care după ce cad pe lentilă se refractă, se intersectează mai aproape de lentilă în punctul  $S''$  la distanța  $s''$ . Segmentul  $\Delta S = S'' - s''$  se numește aberația longitudinală de sfericitate.

Dacă prelungim razele din punctele  $S'$  și  $s''$  până la întâlnirea unui ecran (fig. 2.32), vom obține pe acest ecran cercuri de difuziune pe care le notăm respectiv cu  $Z_1$  și le numim aberația de sfericitate transversală a lentilei.

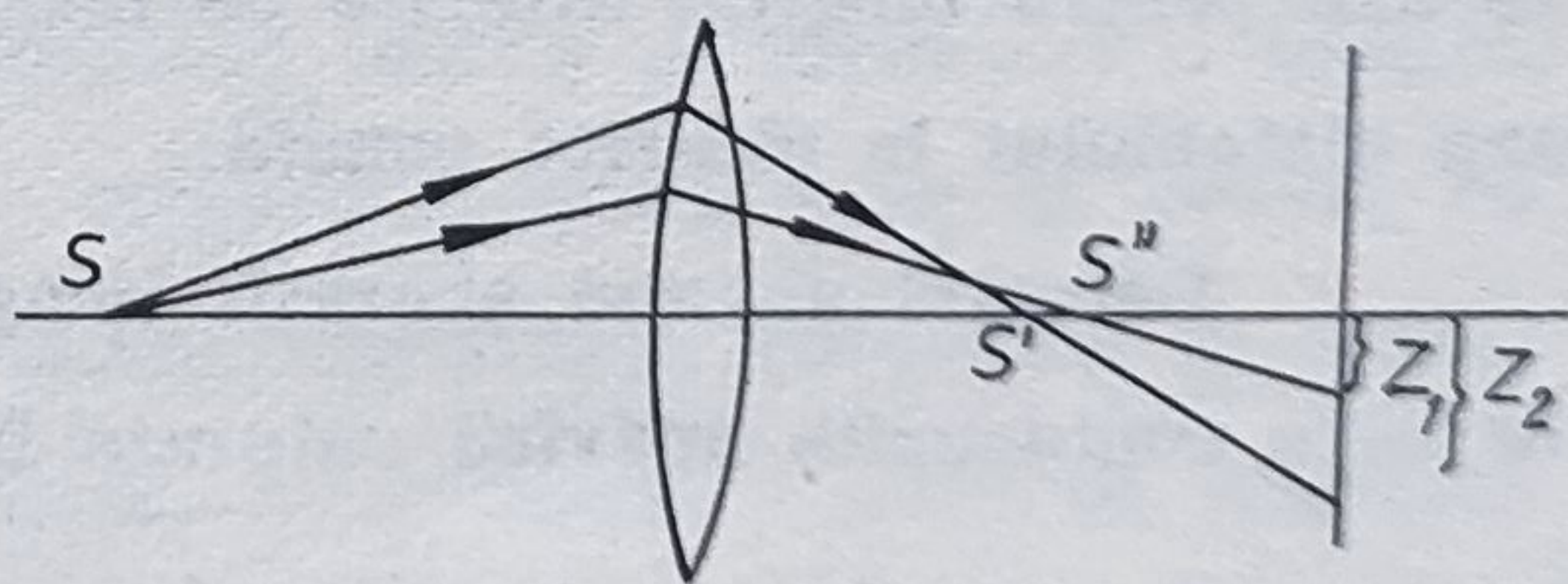


Fig. 2.32. Aberația de sfericitate (transversală)

Dacă aberația longitudinală de sfericitate se poate corecta pentru fascicule ce pleacă de la un punct luminos situat pe axul optic principal, atunci aberația poate să existe dacă punctul luminos este



în afara axului principal. În figura 2.33 se observă că acest punct se prezintă pe ecranul (1) sub forma unei pete alungite, care se aseamănă cu forma unei comete cu coadă. Această aberație pentru fascicule neaxiale se numește coma.

Aberația cromatică. Mai sus au fost examinate defectele imaginilor în cazul în care lumina este monocromatică, iar indicii de refracție ai lentilelor constante.

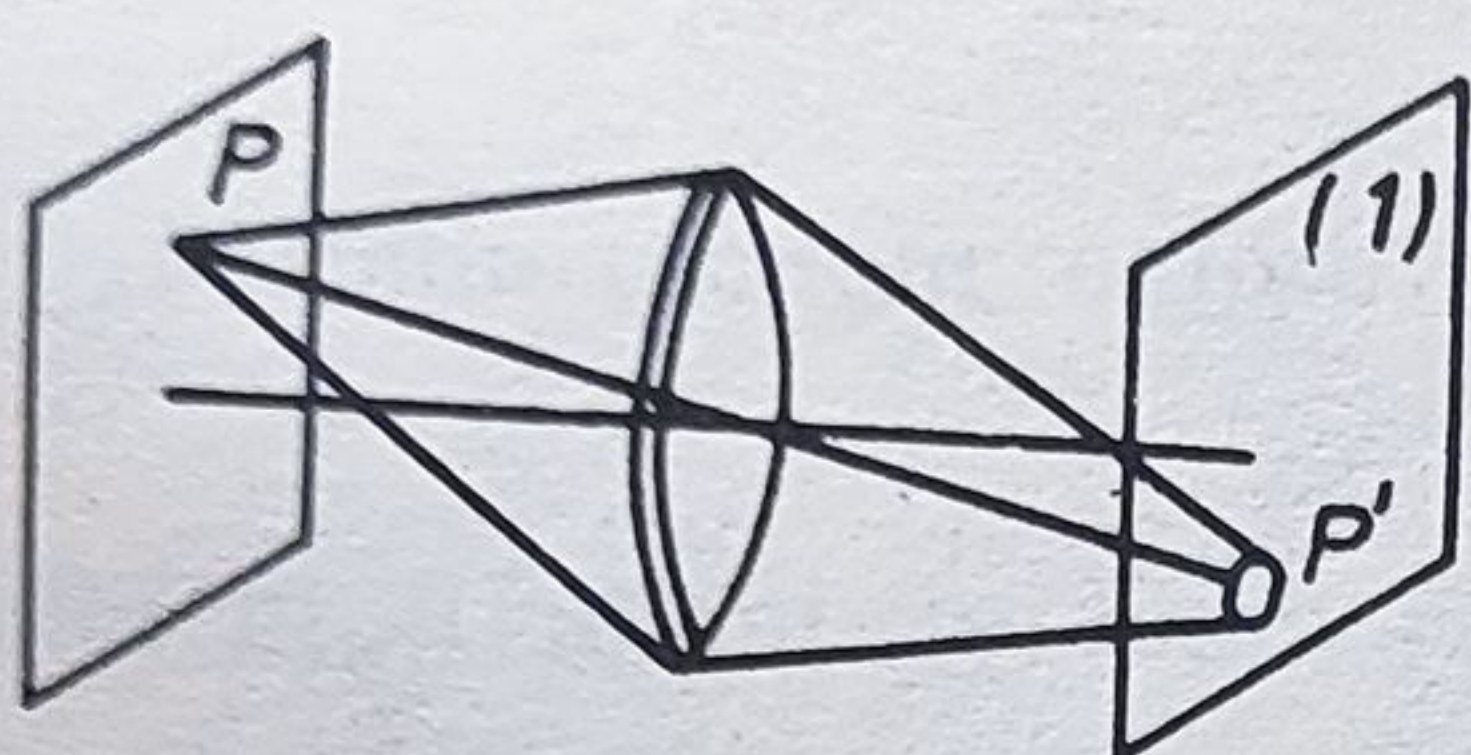


Fig.2.33. Aberația de sfericitate (coma).

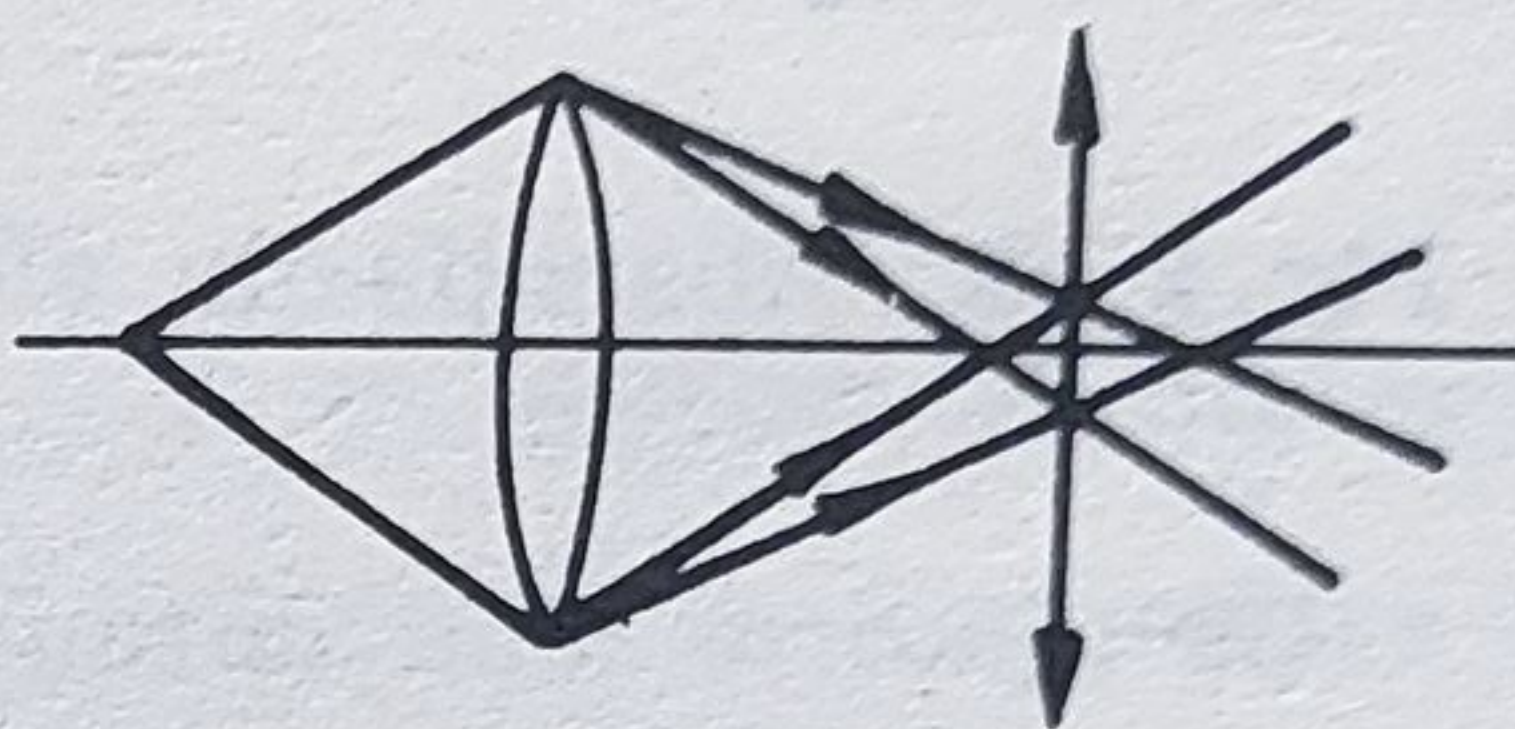


Fig.2.34. Aberația cromatică.

Deoarece majoritatea sistemelor optice utilizează lumina albă (compusă), formată din radiații cu lungimi de undă diferite, raza de lumină compusă care intră în sistem (fig.2.34) după ieșire nu se va propaga în aceeași direcție, ci datorită indicelui de refracție care are pentru lungimi diferite de unde, valori diferite, va intersecta axa sistemului în diferite puncte.

Datorită acestei aberații imaginile unui obiect sînt insuficient de nete, contururile apărînd colorate în diferite culori.

2.4.6. Instrumente care dau imagini virtuale. Din instrumentele optice care dau imagini virtuale fac parte lupa și microscopul.

Lupa este cel mai simplu instrument optic. Ea constă dintr-o lentilă convergentă cu distanță focală mică. Obiectul pe care-l examinăm este așezat între focar și lentilă (fig.2.35). Avem deci o imagine virtuală dreaptă și mărită.



Puterea lupei este dată de relația:

$$P = \frac{1}{f}$$

Din aceeașă relație reiese că puterea lupei este cu atât mai mare cu cât distanța ei focală este mai mică.

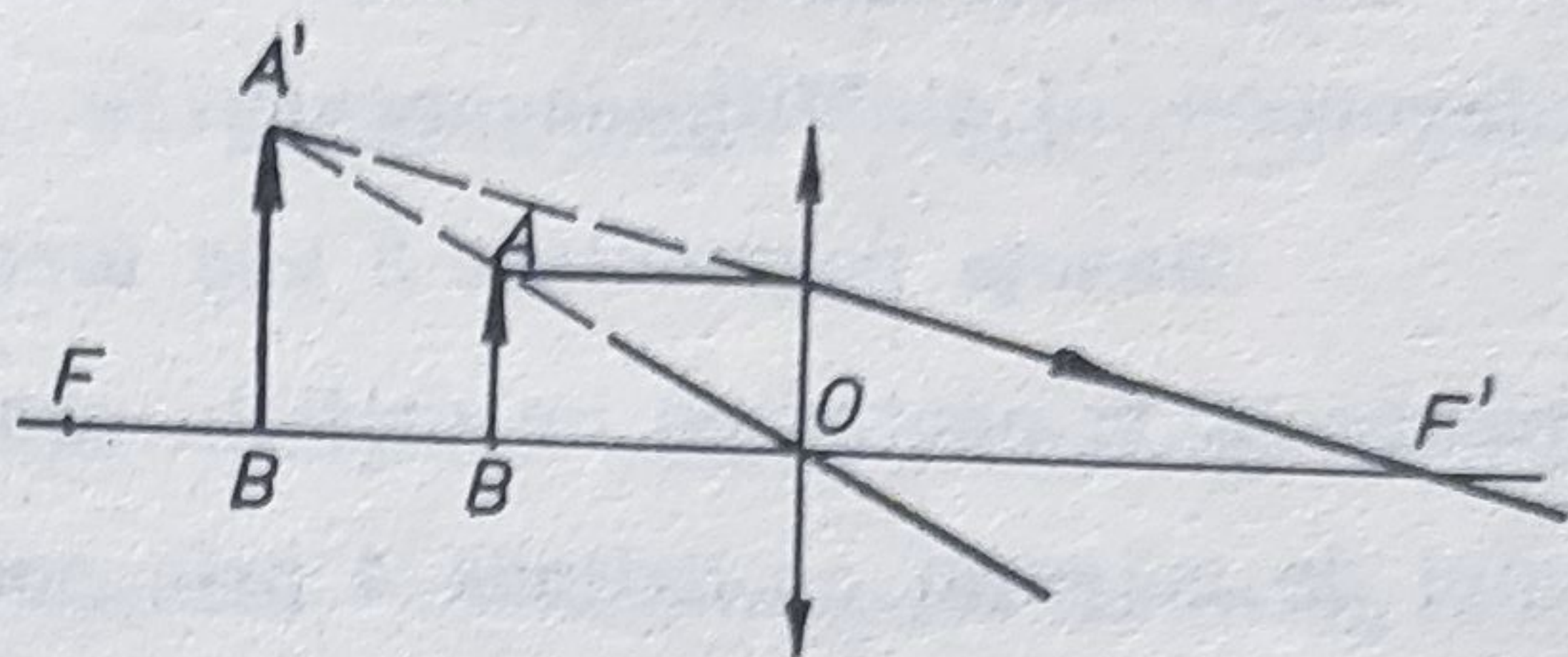


Fig. 2.35. Lupă.

Microscopul este un instrument optic destinat observării de aproape a obiectelor mici, în scopul măririi acuității vizuale a observatorului.

În principiu microscopul este compus din două părți principale: partea optică și partea mecanică. Partea optică este formată din obiectiv și ocular.

Obiectivul este format dintr-o serie de lentile acromatice, cu distanță focală unică și care formează o imagine reală a obiectivului, întoarsă și mai mare.

Ocularul este construit uneori dintr-o simplă lupă, iar de cele mai multe ori este compus din două lentile și formează o imagine virtuală a imaginii reale dată de obiectiv. Pentru a ne da seama de modul cum se formează imaginile, vom considera obiectivul și ocularul format din câte o lentilă subțire. Din figura 2.36, a se observă că obiectivul formează o imagine reală  $A'B'$  a obiectivului  $AB$ , care se găsește dincolo de focarul  $F_1$ . Ocularul va forma o nouă imagine  $A''B''$  care va fi virtuală, mai mare și de același sens cu  $A'B'$ . În final se observă că microscopul formează o imagine virtuală, mărită și inversă.



Partea mecanică (fig. 2.36, b) de compune din stativul 1, tubul microscopului 2 și măsuta portobiect 3.

Stativul 1 este prevăzut cu postament masiv care îi asigură microscopului stabilitatea necesară.

Măsuta port-obiect 3 are forma pătratică sau circulară, este prevăzută în centru cu un orificiu pentru a permite iluminarea obiectului de măsurat cu oglinda 4 prin condensorul 5.

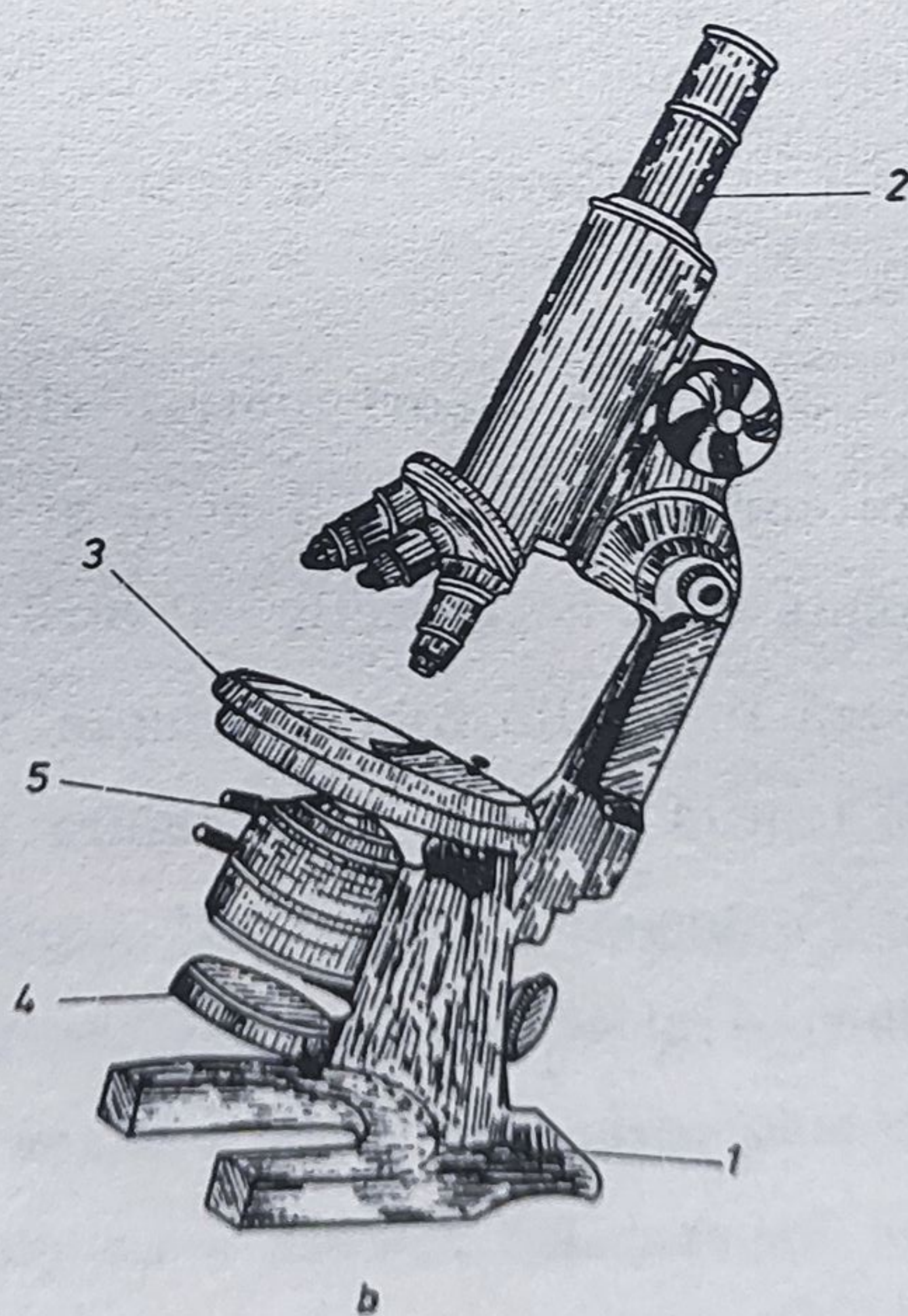
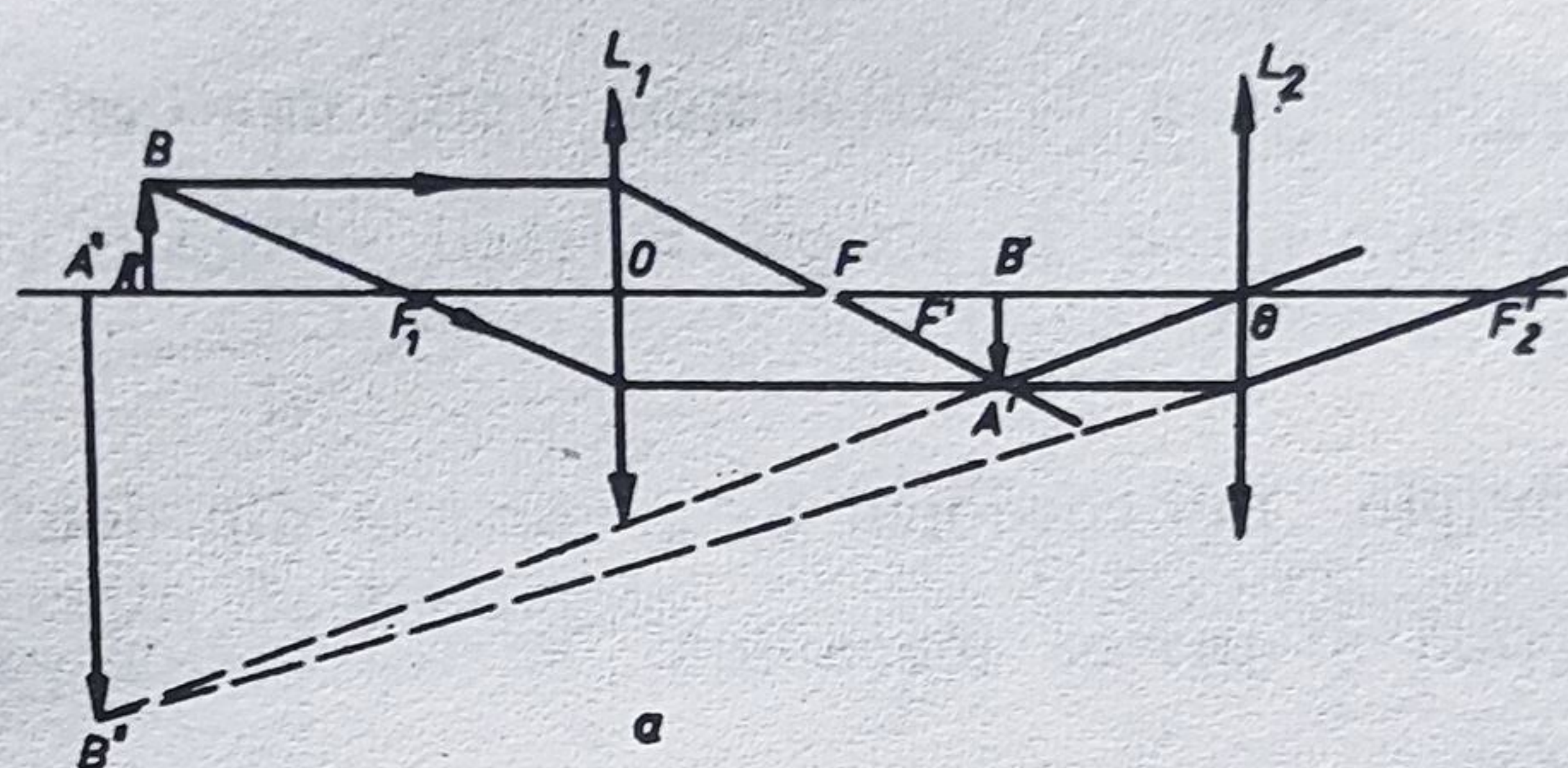


Fig. 2.36. Microscop;  
a- schema optică; b- vedere generală.



Tubul microscopului 2 este format dintr-un tub cilindric prevăzut la partea inferioară cu un filet pentru înșurubarea obiectivului, iar la partea superioară este introdus ocularul. Tubul este legat de stativ cu ajutorul unor ghidaje și se poate deplasa în lungul lor prin rotirea dispozitivului de avans.

Luneta astronomică se întrebuințează pentru studierea obiectelor foarte îndepărtate: stele, luna etc. Ea se compune dintr-un obiectiv și dintr-un ocular ce sînt fixate la capetele unui tub, a cărui lungime poate fi variată.

Luneta terestră. Am văzut că luneta astronomică formează o imagine inversă. Pentru observațiile astronomice aceasta nu prezintă un inconvenient însă pentru observațiile de pe pămînt, este necesar ca imaginea să fie de același sens cu obiectul.

Acest fel de lunete au și ele cîte un obiectiv și un ocular ca și luneta astronomică numai că au o lentilă convergentă în plus, numită corector și care se așază între obiectiv și ocular.

Această lentilă are rolul de a redresa imaginea răsturnată, în felul acesta putîndu-se privi obiectul în poziția lui normală.

Ocularul mărește această imagine dreaptă.

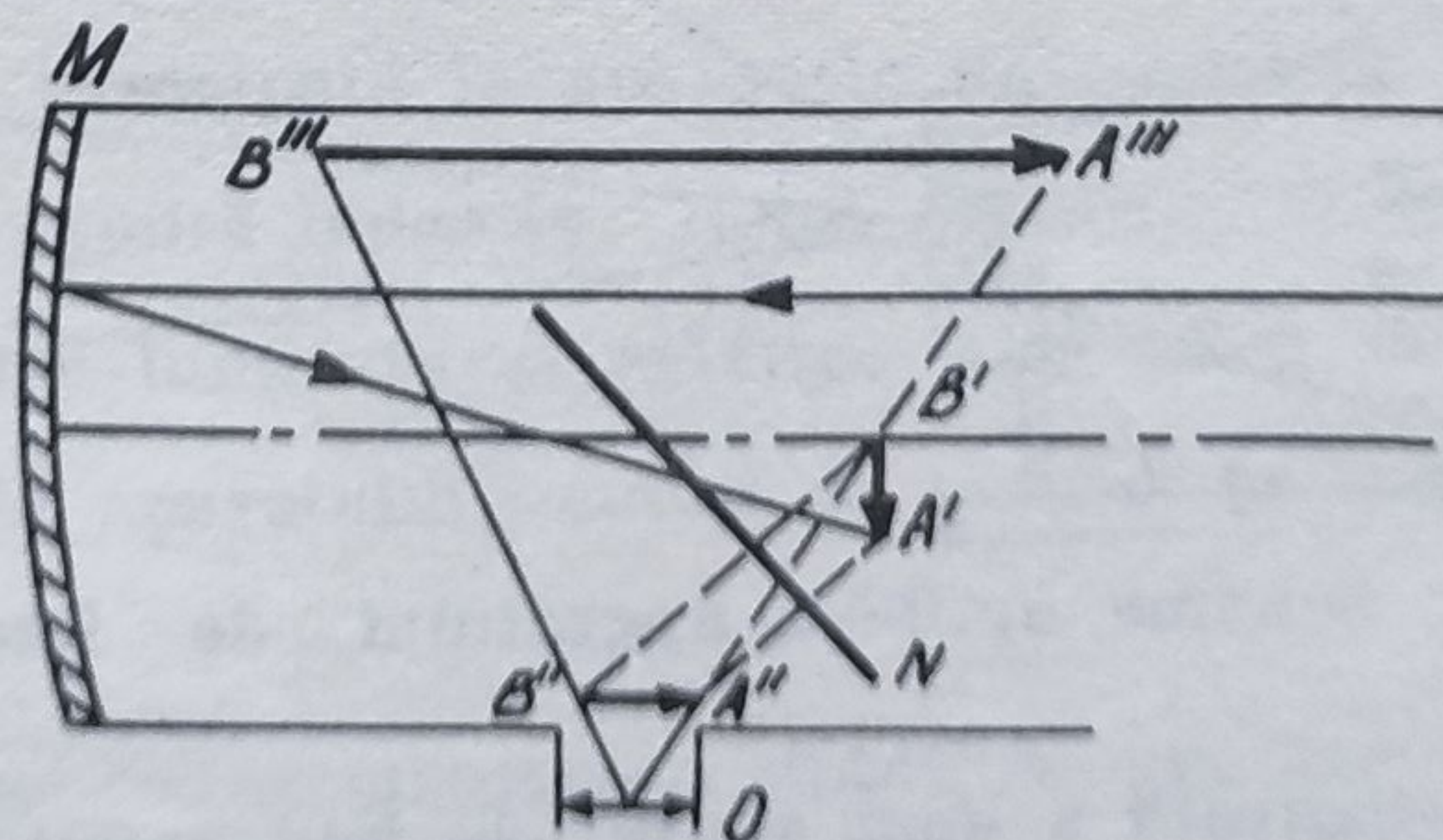


Fig. 2. 37. Telescop.



Telescopul este un instrument optic care ca și luneta astronomică servește la observarea obiectelor îndepărtate spre deosebire de lunetă, telescopul are obiectivul format dintr-o oglindă concavă.

Telescopul (fig. 2.37) se compune dintr-un tub înnegrit la interior, iar la unul din capete este astupat cu o oglindă concavă M. Oglinda are rolul să formeze o imagine reală și întoarsă  $A'B'$ , a unui obiect AB, foarte îndepărtat. În drumul razelor reflectate este așezată oglinda plană N, înclinată la  $45^\circ$  față de axul optic al aparatului. Din cauza reflexiei imaginea se va forma în  $A''B''$ . Imaginea  $A''B''$  este studiată de ocularul O.

2.4.7. Instrumente care dau imagini reale. Aceste aparate se întrebuințează pentru proiectarea pe un ecran a imaginii mărite sau micșorate a unui obiect. Partea principală a acestor instrumente este obiectivul și de aceea li se mai spune instrumente obiective. Din această categorie fac parte:

Aparatul de fotografiat servește pentru obținerea unei imagini reale a unui obiect pe o placă sensibilă fotografică sau un film care suferă schimbări chimice sub acțiunea luminii (fig. 2.38).

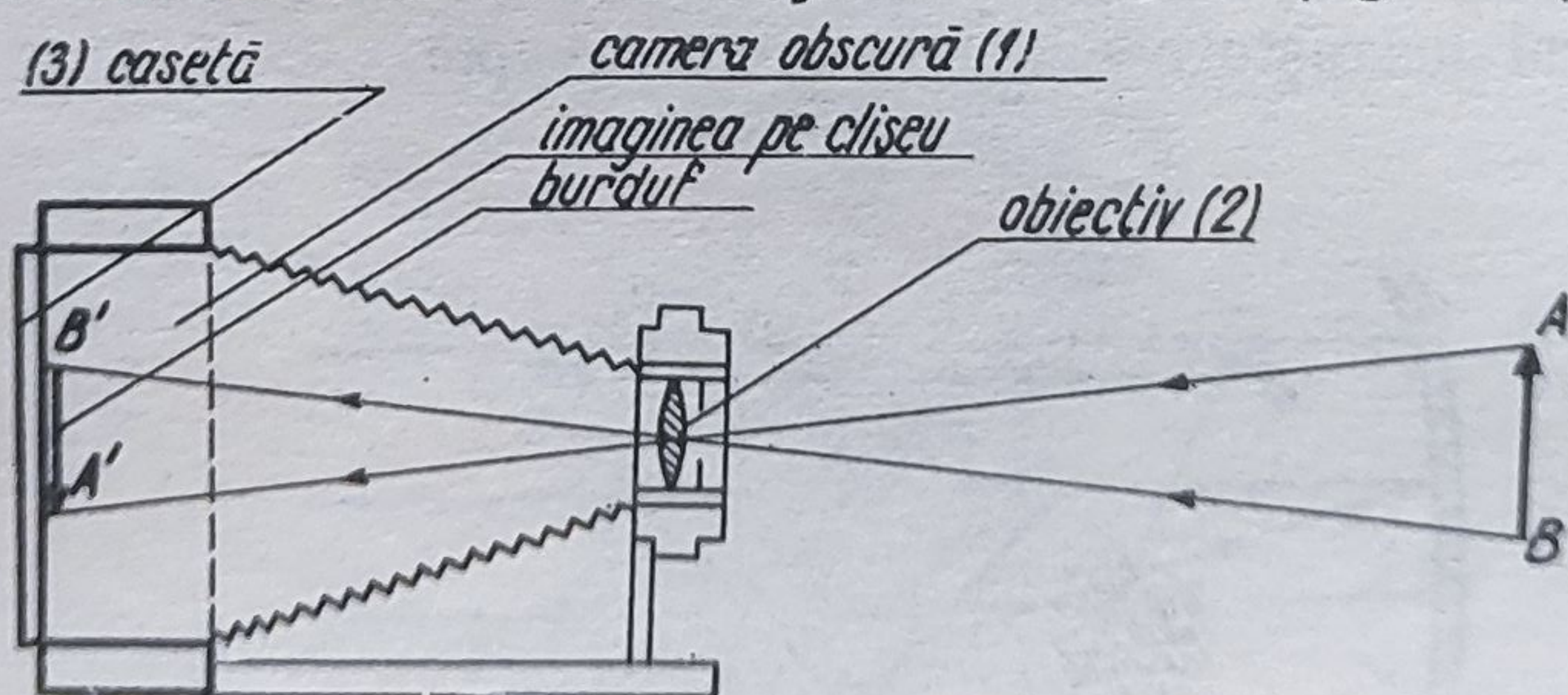


Fig. 2.38. Schema optică a aparatului de fotografiat.

Partea principală a unui aparat de fotografiat este obiectivul. În funcție de tipul aparatului, obiectivul poate fi de la o lentilă conver-



gentă pînă la un sistem compus din două și chiar trei lentile separate. Obiectivele fotografice trebuie să fie lipsite de aberațiuni de sfericitate, lipsit de astigmatism și să producă imagini lucitoare.

Aparatul de fotografiat (fig.2.38) se compune din camera obscură 1, obiectivul 2 și caseta cu plăci sensibile sau filmul 3.

Formarea imaginii este aceeași ca la o lentilă convergentă. În general se formează imagini reale mai mici decît obiectul. Punerea la punct a aparatului se face prin strîngerea sau întinderea burdufului pînă ce obținem o imagine clară. Apoi placa de sticlă se scoate, iar în locul ei se introduce placa sensibilă. Prin descoperirea obiectivului, razele de lumină pătrund în aparat și imprimă pe placă imaginea obiectului. În urma unui tratament de revelare și fixare asupra plăcii se formează o imagine negativă, după care printr-un proces invers de impresiune obținem pozitivul.

Pozitivul sau fotografia este imaginea asemănătoare cu obiectul.

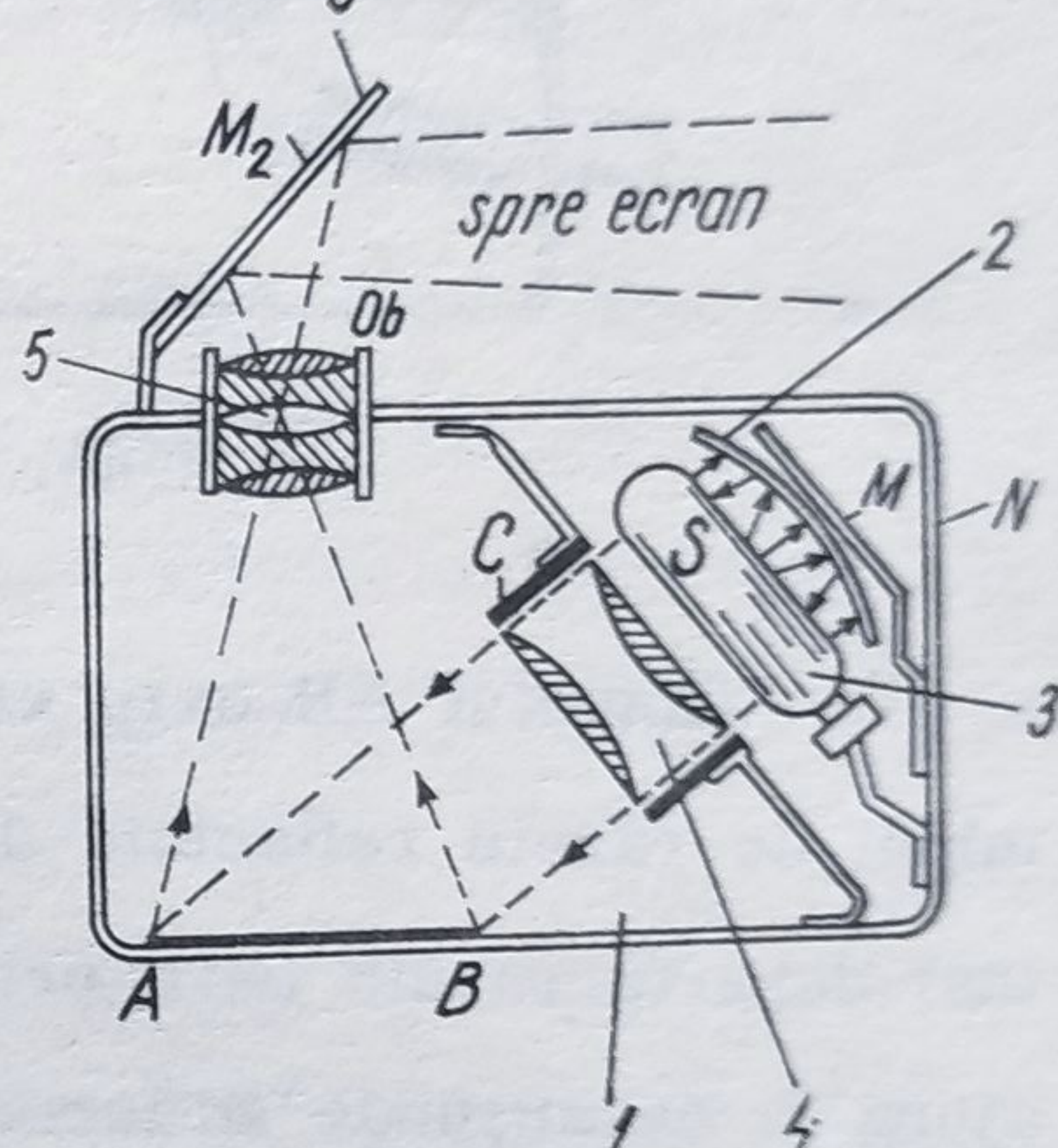


Fig.2.39. Schema optică a episcopului.

Aparatele de proiecție au rolul să proiecteze pe un ecran sau pe un perete alb imagini reale și mărite ale obiectelor mici.

Partea principală la aparatele de proiecție o formează lentila convergentă, numită obiectiv. Rolul obiectivului este de a da pe ecran imagini bine luminate și mărite. Alte părți principale ale aparatului sînt: cutia aparatului, sursa de lumină și condensatorul de lumină.

Se deosebesc următoarele tipuri de aparate de proiecție: episcopul, diascopul, epidiascopul.



Episcopul (fig. 2.39) se compune dintr-o cutie metalică 1, oglinda concavă 2, sursa de lumină 3, dată de un bec electric de 500-2 000 W, condensorul 4, obiectivul 5 și oglinda 6.

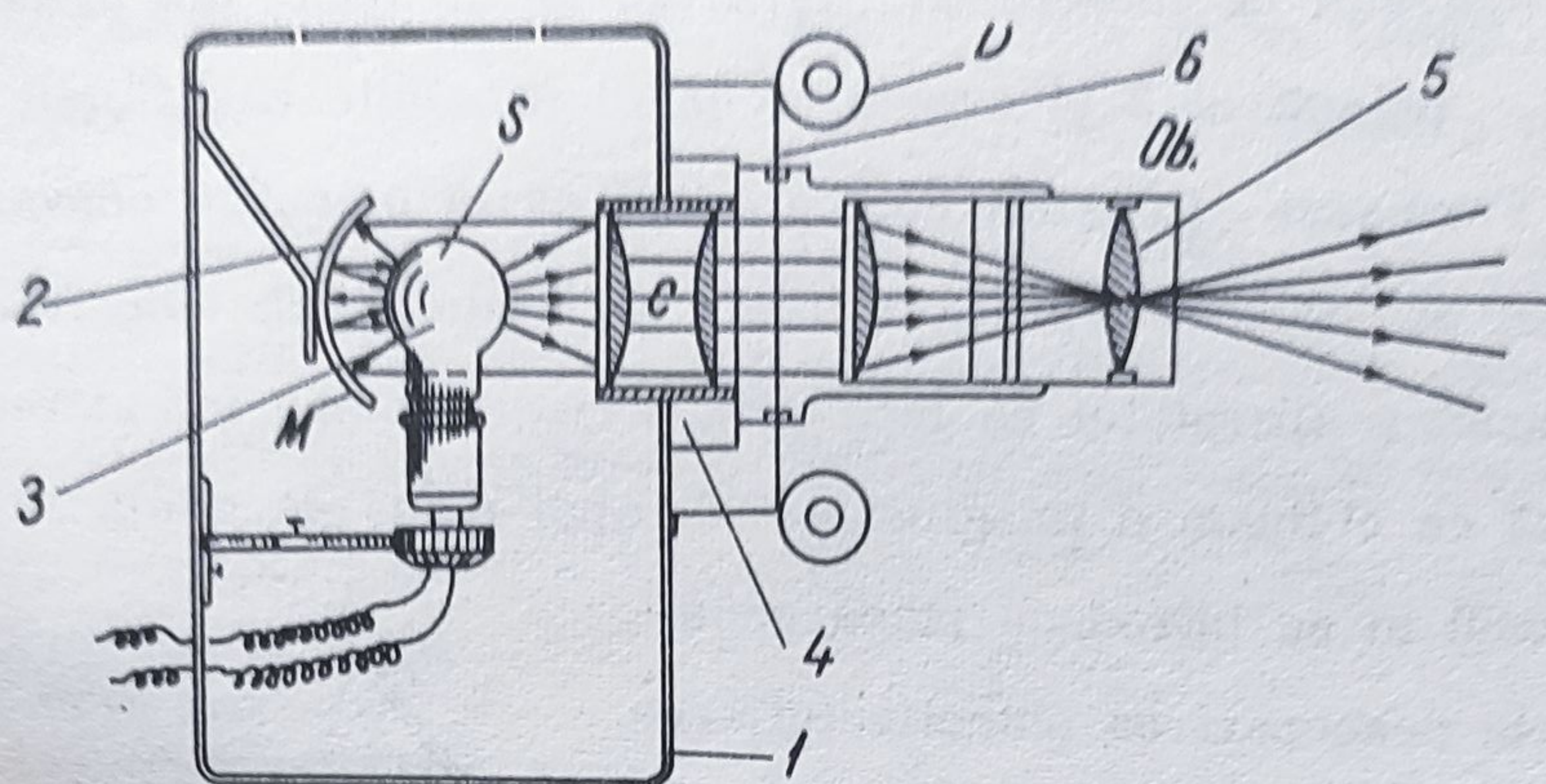


Fig. 2.40. Schema optică a diascopului.

Obiectul AB care este o fotografie sau un corp opac fiind iluminat de razele reflectate de oglinda 2 și de razele directe reflectă mai departe razele care prin intermediul obiectivului 5 și oglinzii 6 ajung la ecran, unde se formează imaginea dreaptă, reală și mărită.

Diascopul (fig. 2.40) este format din cutia 1, oglinda concavă 2, sursa de lumină 3, condensorul 4, obiectivul 5.

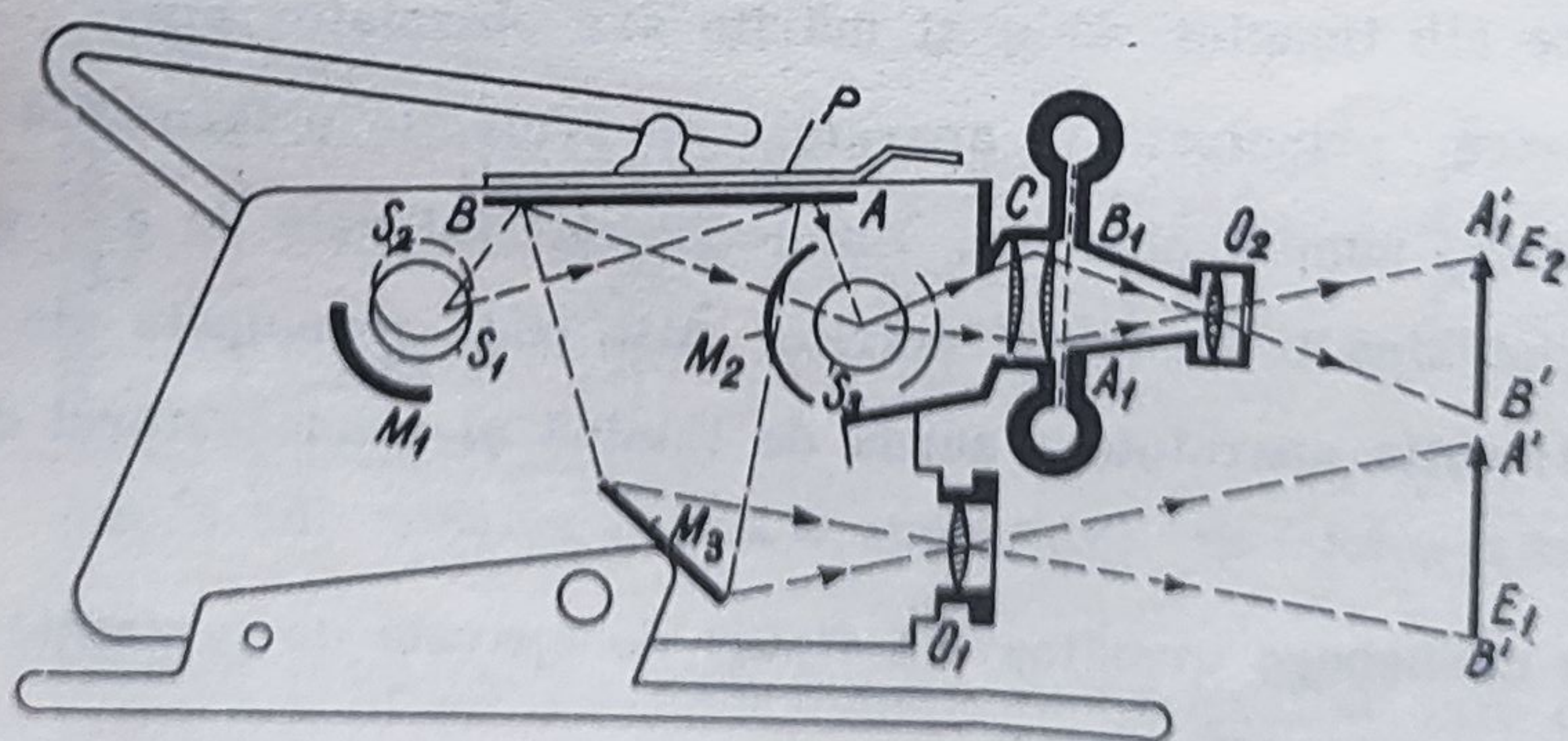


Fig. 2.41. Schema optică a epidiascopului.



Razele de lumină provenite de la sursa de lumină 3, directe sau reflectate de oglinda 2, sînt repartizate uniform de condensorul 4 pe un film 6, iar de aici prin obiectivul 5 ajung pe ecran unde formează o imagine mai mare, reală și inversă.

Epidiascopul este un aparat cu ajutorul căruia se poate face proiecția pe un ecran atît a imaginii unei fotografii sau a unui obiect opac, cît și a imaginii unui diafilm sau a unui dispozitiv (fig. 2.41).

Aparatul este echipat cu trei lămpi de incandescență  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$  de 150 W fiecare, prevăzute cu oglinzi de reflexie  $M_1$  și  $M_2$ . În cazul proiecției unei fotografii sau a unei pagini din cărți, aceasta se așază cu fața în sus și inversată sub placa de presare P. Razele de lumină a celor trei surse, iluminează obiectul AB de unde cad pe oglinda  $M_3$ , de aici trec prin obiectivul  $O_1$ , ajung la ecranul  $E_1$ , pe care se formează imaginea  $A'B'$ .

Prin rotirea oglinzii  $M_2$ , în partea opusă  $M_2'$ , razele vor fi dirijate spre condensorul C, filmul  $A_1B_1$ , obiectivul  $O_2$  și ecranul  $E_2$  unde se va forma imaginea  $A_1'B_1'$ .

### Capitolul 3

## STICLA OPTICĂ

### 3.1. Natura sticlei

Corpurile solide pot fi cristaline sau amorse.

Se numesc corpuri cristaline acele corpuri solide la care atomii sînt dispuși în spațiu într-o anumită ordine (simetrie) geometrică.



Se numesc corpuri amorse acele corpuri la care atomii sînt dispuși în spațiu fără nici o ordine sau regularitate, caracteristică materiei cristalizate.

Din această categorie de corpuri face parte și sticla.

Deci sticla este un material amorf, izotrop, cu structura macromoleculară, cu strălucire caracteristică în spărtură, transparent, opac sau translucid pentru radiații vizibile. Spre deosebire de corpurile cristalizate, sticla nu se topește la temperaturi fixe, ci se înmoaie treptat pînă la formarea unei mase topite. Masa topită trece în timpul răcirii, în mod treptat din stare fluidă într-o stare din ce în ce mai vîscoasă și apoi fără un punct determinat de solidificare, în stare solidă.

Sticla obișnuită se obține prin topirea în cuptoare speciale a unui amestec format din nisip de cuarț, piatră de var, carbonat de sodiu și materiale auxiliare (afinanți de coloranți etc.).

Proprietățile chimice și fizice ale sticlei depind de compoziția sa chimică, de procesul tehnologic de fabricație și de prelucrările termice și chimice ulterioare.

Nu s-a putut stabili pînă astăzi cu precizie cînd și unde a fost inventată sticla. Este posibil ca primele topitorii de sticlă au fost Mesopotania, trecînd de acolo și în Egipt. Este însă posibil ca și Egiptul să fie vatra de origine a sticlei. În mormintele egiptene datînd de 2500 ani înaintea erei noastre, au fost găsite perle de sticlă. Fenicienii, pomeniți adesea ca inventatori ai sticlei, au făcut la început numai comerț cu sticla, trecînd abia mai tîrziu la fabricarea obiectelor de sticlă. Mai tîrziu, arta sticlăriei a trecut prin Bizanț în Veneția, unde, în secolul al XVI-lea, executarea obiectelor de artă din sticlă a atins o măiestrie rară. În secolul al XVII-lea producția sticlei s-a dezvoltat în Boemia, Anglia, Normandia și Germania.



În țara noastră meșteșugul producerii sticlei a fost adus de romani. În săpăturile arheologice de la Constanța, s-au descoperit trei cuptoare pentru topirea sticlei.

În prezent sticla este o materie primă care nu ar putea lipsi din viața noastră de toate zilele.

Numărul tipurilor de sticle optice crește în permanență.

Există lentile cu diametrul de 0,8 mm, iar pe de altă parte oglinzi astronomice cu diametrul de mai mulți metri.

### 3.2. Sticle industriale și compoziția lor

Sticlele industriale sînt acele sticle din care se fabrică geamuri, articole de menaj, ambalaje de sticlă etc. Aceste sticle trebuie să prezinte o serie de proprietăți, cum ar fi: transparență, omogenitate, duritate la temperatură obișnuită, fragilitate, conductivitate electrică și termică redusă, stabilitate chimică față de acțiunea apei, a aerului și a altor reactivi chimici.

Sticlele industriale nu pot fi utilizate la fabricarea sticlelor pentru aparatele optice, întrucît prezintă o serie de neajunsuri ca: absorbție mare, incluziuni, bule de aer, prezența tensiunilor interne și inconstanța caracteristicilor optice.

Compoziția chimică a sticlelor industriale se exprimă în oxizi, indicîndu-se fie conținutul procentual gravimetric (în greutate), fie rapoartele lor moleculare. De exemplu:

75%  $\text{SiO}_2$ ; 15%  $\text{Na}_2\text{O}$ ; 10%  $\text{CaO}$  (în greutate),  
sau  
1,25  $\text{SiO}_2$ ; 0,24  $\text{Na}_2\text{O}$ ; 0,18  $\text{CaO}$  (molecular).



Oxizii se introduc în sticlă fie la fabricarea ei (silicea -  $\text{SiO}_2$ , litarga -  $\text{PbO}$  etc.), fie se formează sub acțiunea temperaturii ridicate din materialele folosite la topirea sticlei.

După natura lor chimică, oxizii care intră în componența sticlei se împart în două grupe:

- oxizi acizi, care sînt anhidridele acizilor ( $\text{SiO}_2$ ;  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ;  $\text{B}_2\text{O}_3$ ;  $\text{P}_2\text{O}_5$ ); dintre aceștia numai silicea ( $\text{SiO}_2$ ) și alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) se introduc în sticlă în stare liberă;

- oxizi bazici, adică oxizii diferitelor elemente chimice ( $\text{CaO}$ ;  $\text{MgO}$ ;  $\text{BaO}$ ;  $\text{PbO}$ ;  $\text{ZnO}$ ;  $\text{Na}_2\text{O}$ ;  $\text{K}_2\text{O}$  etc.); litarga ( $\text{PbO}$ ) se introduce în sticlă în stare liberă, însă majoritatea oxizilor bazici se formează în timpul procesului de topire a sticlei, din alte combinații ale elementelor respective (săruri de carbon, sulf, azot etc.).

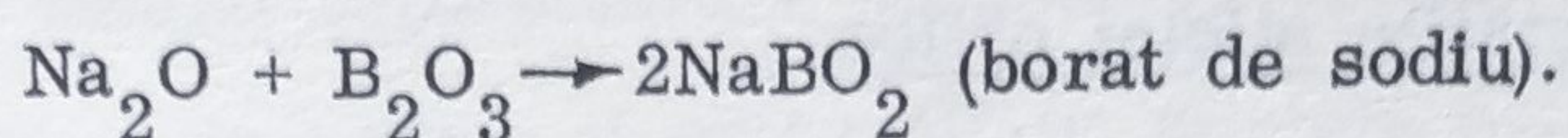
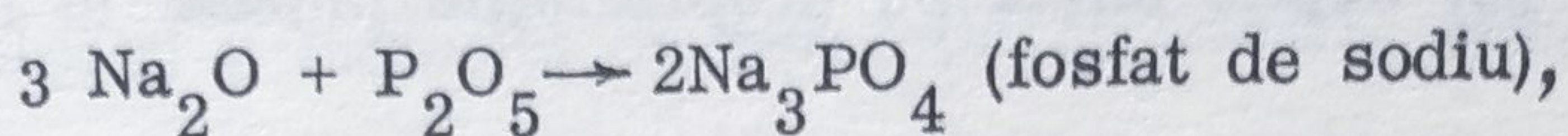
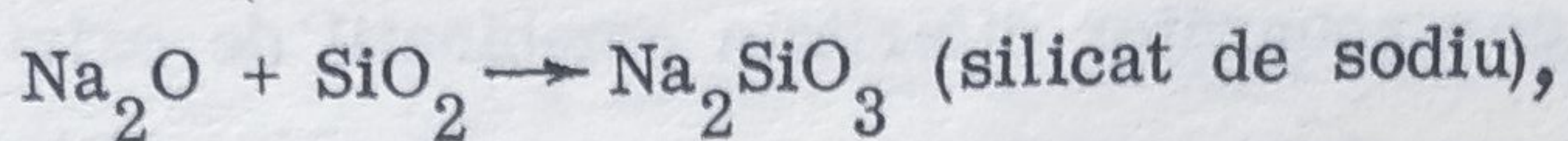
În compoziția sticlelor industriale se mai introduc o serie de oxizi foarte diverși și rari, cum ar fi:  $\text{BoO}$ ,  $\text{SrO}$ ,  $\text{ThO}$ ,  $\text{Ta}_2\text{O}_5$ ,  $\text{CeO}_2$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{CdO}$  etc.

Pentru colorarea sticlei în compoziția ei se introduc diferiți coloranți (combinații de sulf, de seleniu, de cupru, de aur, de argint etc.).

Se poate afirma că aproape 80% din totalul elementelor chimice pot fi introduse în compoziția sticlelor actuale. În general, sticlele actuale sînt policomponente. De regulă, însă, unii oxizi sînt principali, avînd procentul cel mai mare în componența sticlelor ( $\text{SiO}_2$ ;  $\text{B}_2\text{O}_3$ ;  $\text{P}_2\text{O}_5$ ).

Oxizii acizi și bazici conținuți în sticlă se pot combina între ei, formînd diferite săruri (silicați, borați, fosfați):





În funcție de aceste săruri care se formează în compoziția lor, sticlele se împart în: sticle de silicați, sticle de borosilicați, sticle de borați, sticle de fosfați, sticle de aluminați etc.

La sticlele de silicați, oxidul principal, care formează rețeaua este silicea ( $\text{SiO}_2$ ), la sticlele de borați este anhidrida borică ( $\text{B}_2\text{O}_3$ ), la sticlele de fosfați este pentaoxidul de fosfor ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) etc.

Proprietățile fizice și chimice ale sticlelor depind foarte mult de compoziția lor chimică.

Componenta principală a majorității sticlelor industriale este silicea ( $\text{SiO}_2$ ). Din silice se poate obține sticla de cuarț, care are unele proprietăți speciale. Silicea se topește însă la o temperatură ridicată (peste  $1700^\circ\text{C}$ ). Chiar și la această temperatură, masa topită de silice are o vâscozitate mare, îngreunând procesul tehnologic de fabricație a pieselor din sticlă de cuarț.

Pentru a coborî temperatura de topire a silicei, se introduc o serie de oxizi alcalini ( $\text{Na}_2\text{O}$  și  $\text{K}_2\text{O}$ ), numiți fondanți. Pentru a evita apariția unor sticle complet nestabile chimic (sticlele numai cu silice,  $\text{Na}_2\text{O}$  și  $\text{K}_2\text{O}$  se dizolvă în apă), se introduc în masa sticloasă diferiți oxizi ai elementelor bivalente, trivalente și tetravalente. În afara acțiunii de stabilizare, acești oxizi au și alte diferite influențe asupra proprietăților fizice și chimice ale sticlei (dilatarea termică, indicele de refracție, proprietățile mecanice, vâscozitatea în stare topită, capacitatea de cristalizare etc.). În acest



fel, dozînd corespunzător diferitele combinații de oxizi din compoziția sticlei, se pot obține sticle cu proprietățile impuse în prealabil.

### 3.3. Proprietățile sticlei optice

Sticla optică incoloră este materialul ce se utilizează la confecționarea pieselor optice utilizate la aparatele optico-mecanice. Rolul principal al pieselor optice este de a modifica după anumite legi drumul razelor de lumină din aparate.

Domeniul de utilizare a sticlei optice este determinat în primul rînd de calitățile sale optice. Calitățile optice sînt definite de o serie de proprietăți care se pot clasifica în:

- proprietăți fizico-chimice;
- proprietăți optice;
- proprietăți mecanice;
- proprietăți termice.

3.3.1. Proprietățile fizico-chimice sînt acele proprietăți în care se includ de regulă indici de calitate, care sînt: factorul de absorbție a luminii, omogenitatea optică, lipsa de incluziuni filiforme, conținutul de bule, refracția dublă a luminii, precum și stabilitatea chimică a sticlei.

Factorul de absorbție a luminii. La trecerea luminii prin sticlă aceasta este parțial absorbită, transformîndu-se în alte forme de energie. În urma acestui fenomen are loc o slăbire a luminii.

Absorbția de lumină de către sticla optică trebuie să fie cît mai redusă. Sticlele cu absorbție mare sînt evitate a fi utilizate la aparate optice. În cataloage de sticlă ele sînt notate cu litera (g) care indică categoria de clasificare.



Omogenitatea optică a sticlei se apreciază prin menținerea la o aceeași valoare a indicelui de refracție al sticlei, ceea ce duce la o micșorare a puterii separatoare a sistemelor optice.

Din punctul de vedere al omogenității sticlele optice se pot clasifica în cinci categorii. De exemplu, dacă raportul puterilor separatoare este 1, sticla este de categoria întâi și, dacă este de 1,3, sticla este de categoria a cincea.

Conținutul de bule. Bulele reprezintă incluziuni gazoase în sticlă. Bulele au forme și dimensiuni diferite, putând fi rotunde, ovale și alungite; bulele cu diametrul sub 0,002 mm, în număr mare, formează așa-numita incluziune de gaze.

Bulele pot fi considerate niște lentile suplimentare care refractă și dispersează parțial razele de lumină care trec prin sticlă, ducând la micșorarea intensității luminii ce trece prin sistemul optic al aparatului. Se recomandă ca piesele sistemelor optice situate în planurile imagine, cum ar fi reticulele și scările gradate, să fie executate din sticle fără bule.

Dimensiunile bulelor se determină prin compararea lor cu bule de control din lame polisate, folosind instalații speciale.

Din punctul de vedere al conținutului în bule, sticla optică se poate clasifica după următoarele criterii:

- dimensiunea maximă a bulelor;
- cantitatea de bule conținute într-o masă de sticlă de 1 kg.

În cataloage, aceste sticle sînt indicate cu litera b sau bb.

Lipsa de incluziuni filiforme. Incluziunile filiforme reprezintă defectul cel mai dăunător al sticlei. După aspect, acestea se prezintă sub formă de fire, fire intersectate sau ca plane de separație a două porțiuni ale masei de sticlă.



În majoritatea cazurilor incluziunile se văd cu ochiul liber. Incluziunile filiforme au diametrul de ordinul zecimilor de milimetri, lungimea lor putînd ajunge la sute de milimetri.

La executarea pieselor optice, trebuie să se țină seama de influența incluziunilor filiforme asupra valorii unghiulare a aberațiilor. Incluziunile filiforme sub formă de fire paralele sau intersectate, sînt, în majoritatea cazurilor, dăunătoare și neadmisibile. De ase-

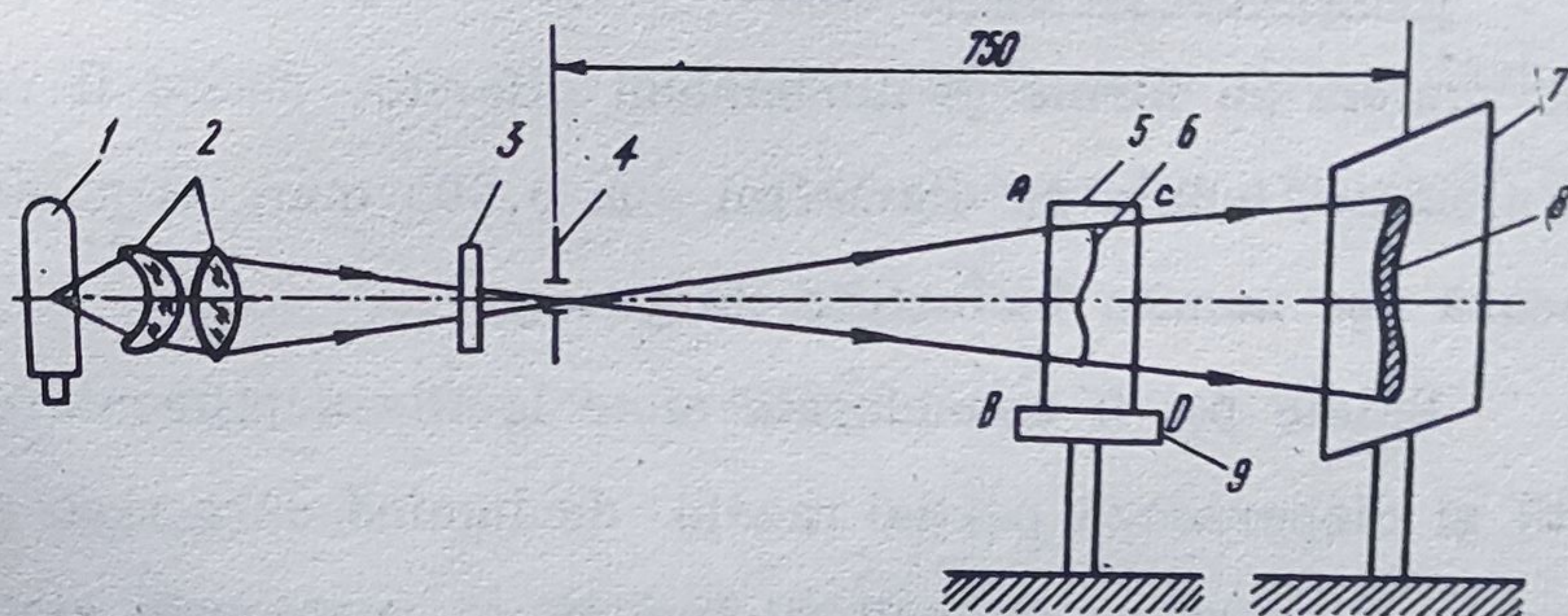


Fig. 3.1. Schema instalației optice pentru verificarea incluziunilor filiforme.

menea, incluziunile sub formă de plane de separație nu sînt admisiibile în piesele optice. La piesele care nu sînt așezate în planurile imagine, se admit incluziuni de dimensiuni mici.

Pentru controlul incluziunilor filiforme se folosește instalația reprezentată în figura 3.1.

Blocul de sticlă 5 se așază pe suportul 9, astfel încît fețele AB și CD să fie perpendiculare pe direcția fasciculului de raze. De la sursa de lumină 1 (de obicei un arc voltaic) razele sînt dirijate prin condensatorul 2 și mira 3 în diafragma punctiformă 4,



iluminând epruveta. Pe ecranul 7 se formează imaginea întunecată 8 a incluziunii filiforme 6. Această imagine caracterizează categoria de incluziuni filiforme a sticlei la dimensiunile date ale diafragmei și la distanțele epruvetei și diafragmei până la ecran.

Din punctul de vedere al incluziunilor, sticla se clasifică în cinci categorii.

Refracția dublă. Un defect care poate face ca sticla să devină complet inutilizabilă în scopuri tehnice sînt tensiunile interne. Ele pot fi provocate fie de răcirea necorespunzătoare a plăcilor turnate, fie de către diferite forțe mecanice (de exemplu comprimarea unei lentile într-o montură). Aceste tensiuni interne provoacă în sticlă o dublă refracție. Refracția dublă constă în aceea că o rază care intră în eșantionul de sticlă se descompune în două raze - ordinară și extraordinară - ale căror planuri de polarizare sînt perpendiculare între ele, iar vitezele de propagare sînt diferite. Viteza de propagare a razelor ordinare este mai mică decît viteza de propagare a razelor extraordinare. Deci vor exista și doi indici de refracție, invers proporționali cu vitezele razelor.

Tabelul 3.1.

Clasificarea sticlelor optice după refracția dublă

Clasa sticlei	Diferența de drum măsurată la mijlocul semifabricatului în direcția dimensiunii sale maxime, $m\mu m/cm$
1	sub 2
2	sub 6
3	sub 10
4	sub 20
5	sub 50

Dubla refracție se măsoară prin diferența drumului optic al celor două raze și se exprimă în milimicroni pe 1 cm de drum al razei în sticlă. În funcție de refracția dublă a lor, sticlele se clasifică în cinci clase (tabelul 3.1).



Refracția dublă provocată de compresie dispare odată cu îndepărtarea forțelor care au provocat-o

Controlul sticlei la dubla refracție se bazează pe fenomenele de polarizarea luminii ce trece prin sticlă. Măsurătorile se fac cu un polarimetru a cărui schemă este reprezentată în figura 3.2. El este compus din analizorul 6, polarizorul 3, lampa cu incandescență 1, cadranul gradat 5 al analizorului și sticla mată 2. Înainte de efectuarea controlului, analizorul și polarizorul instalației trebuie să fie încrucișați. Se aprinde lampa 1 și se rotește analizorul 6, așezându-l pe întuneric.

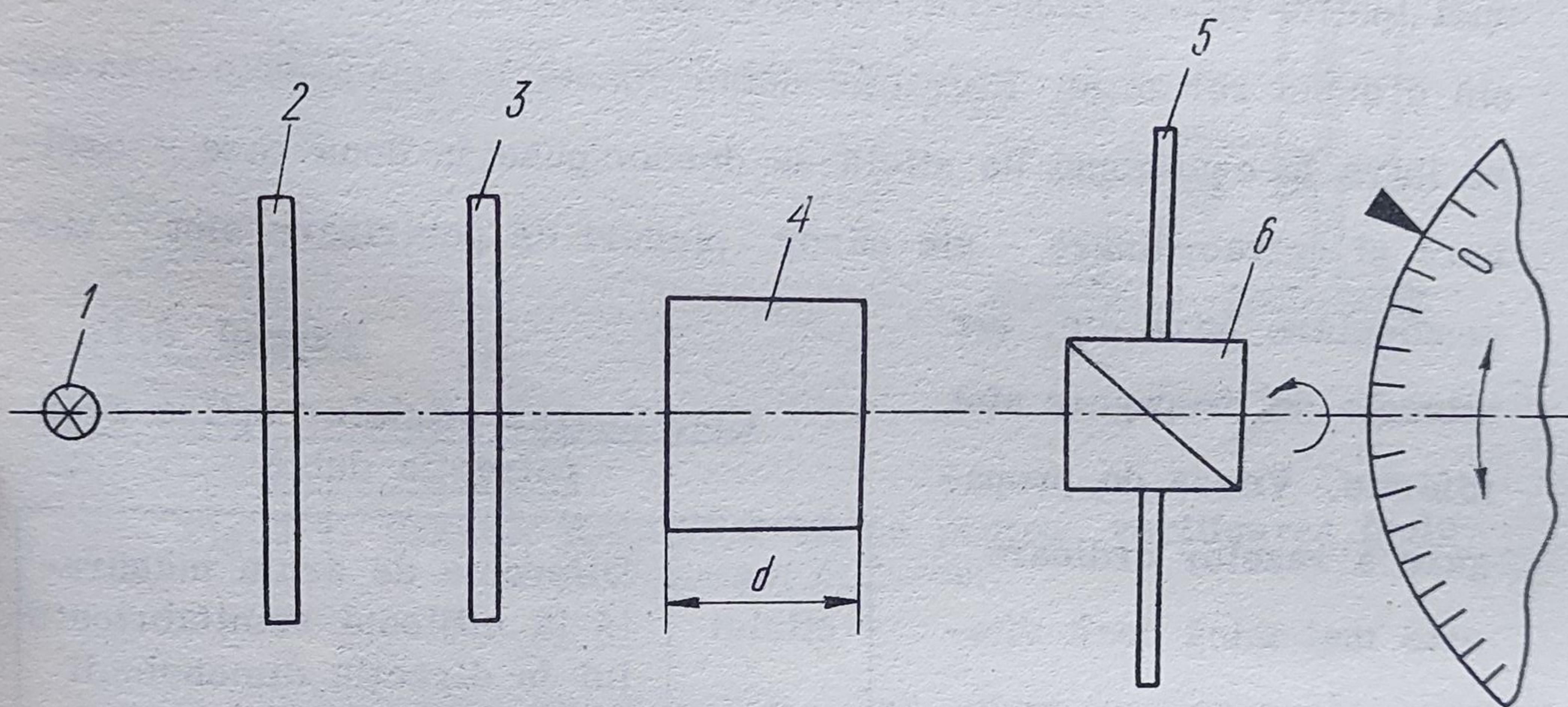


Fig. 3.2. Schema polarimetrului pentru măsurarea refracției duble în sticlă.

În această poziție se pune reperul zero de pe scara cadranului gradat. Când epruveta încercată 4 prezintă dublă refracție, atunci privind în analizor, la mijlocul și pe marginile semifabricatului, se vor vedea porțiuni iluminate și fîșii întunecate. Se rotește analizorul până în momentul în care fîșiile întunecate se deplasează spre mijlocul semifabricatului și se confundă într-o singură fîșie și se citește pe cadranul gradat unghiul de rotire al analizorului. Diferența căutată a



drumului razelor se calculează cu formula:

$$\delta = 3 \frac{180 N + \Theta}{d}, \text{ m } \mu \text{ m},$$

în care: N este numărul fîșiilor întunecate, între fîșia neutră și mijlocul epruvetei;  $\Theta$  - unghiul de rotire al analizorului, în grade; d- grosimea semifabricatului măsurată pe direcția de observare, în cm.

Stabilitatea chimică a sticlei. Stabilitatea chimică a sticlei se caracterizează prin capacitatea sa de a se opune alterării în urma acțiunii apei, a soluțiilor de acizi, alcalii și săruri, a gazelor din atmosferă și, în general, față de reactivi chimici. Stabilitatea chimică a sticlei este una din principalele sale proprietăți care determină atât tehnologia de prelucrare cât și calitățile de exploatare ale sticlei.

Stabilitatea chimică a sticlei nu depinde numai de natura reactivului. Este important și în ce condiții reacționează reactivii. În general, stabilitatea chimică a sticlelor este determinată de compoziția lor chimică.

În raport cu conținutul în substanțe alcaline, sticla este atacată diferit de apă, în special de apa caldă; chiar și umiditatea aerului este suficientă pentru a produce fenomene de descompunere la anumite tipuri de sticlă. Sub influența bioxidului de carbon din aer se formează un înveliș la început albăstrui, care devine apoi cafeniu. Acesta se formează datorită faptului că umiditatea dizolvă din sticlă componentele alcaline și acestea se combină cu bioxidul de carbon din aer, formînd sodă și potasă. Carbonații formați acoperă suprafața sticlei. La început acest înveliș poate fi șters, dar pe măsura descompunerii el nu mai poate fi înlăturat decît prin



prelucrarea suprafeței. De aceea, se recomandă ca de câte ori este necesar, să se îndepărteze orice umiditate de pe sticlă.

Anumite tipuri de sticlă pot fi atacate de acizi și baze. Dintre substanțele bazice se menționează în primul rând leșiile potasice și sodice. Ele atacă sticla și o fac opacă.

Dintre acizi cel care atacă cel mai puternic sticla este acidul fluorhidric. De aceea el este folosit la gravarea sticlei. Față de restul acizilor, majoritatea tipurilor de sticlă prezintă o rezistență bună.

Transpirația atacă de asemenea sticla. Din această cauză suprafețele polisate nu trebuie să fie atinse cu mîna, pe cît posibil, sau, dacă au fost atinse, să fie curățate imediat.

Stabilitatea chimică a sticlei se caracterizează prin doi indici:

- stabilitatea față de acțiunea atmosferei umede (pericolul de depunere);
- stabilitatea față de acțiunea soluțiilor acide în apă (pătarea).

Pericolul de depunere se determină prin timpul, în zile, necesar pentru formarea pe suprafața sticlei a unei depuneri în picături (vizibilă la microscopul cu o mărire de 80 X).

Epruveta se menține la o anumită umiditate și temperatură. După stabilitatea la acțiunea atmosferei umede, sticla optică se împarte în trei clase (tabelul 3.2).

Un fel special de depuneri pe piesele optice din sticlă sînt depunerile în picături grase și depunerile biologice.

Depunerile în picături grase sînt picături fine de grăsime pe suprafața sticlei. Sub influența umidității atmosferice, picăturile de grăsime se măresc cu timpul în volum și, după un anumit timp,



întreaga suprafață a sticlei se acoperă cu o depunere prin acumularea picăturilor. Depunerea în picături grase se îndepărtează cu solvenți organici.

Depunerea biologică reprezintă mucegai și plante de apă ai căror spori există de obicei în aer. Această depunere apare de obicei la marginile pieselor ce sînt în contact cu monturile. Prezența în aparate a unor substanțe organice (hîrtie, carton, plută) favorizează creșterea mucegaiului. Produsele degajate de mucegai au o reacție acidă și de aceea sticla se distruge ușor sub acțiunea mucegaiului.

Tabelul 3.2

Clasificarea sticlei optice după stabilitatea la acțiunea atmosferei umede

Clasa sticlei	Timpul necesar pentru formarea depunerii în picături higroscopice, zile
A	90
B	90 - 30
C	30

Tabelul 3.3

Clasificarea sticlei optice după stabilitatea chimică la soluții acide

Grupa sticlei	Timpul necesar pentru formarea unei pelicule cu grosimea optică de 135 m $\mu$ m, ore
1	20
2	20-5
3	5-1
4	1-0,1
5	0,1

Pătarea. Sub acțiunea apei sau a soluțiilor de acizi, sărurile solubile, ce se formează în urma hidrolizei pe sticla de silicați, trec în soluție pe suprafața sticlei. Apar astfel pete transparente la lumină, dar care la examinare sub un anumit unghi, în lumină refractată, capătă culorile curcubeului. Petele sînt rezultatul unor modificări locale ale compoziției sticlei, pe suprafața sticlei creîndu-se porțiuni acoperite cu un strat de substanță cu alți indici de refracție decît ai sticlei.



Petele se pot forma în timpul prelucrării sticlei, de exemplu la polisare, sau în timpul montării aparatului etc.

Pătarea se determină prin timpul necesar pentru formarea pe o suprafață recent polisată a unei pelicule cu grosime de  $135 \text{ m}\mu\text{m}$ , sub acțiunea unei soluții 0,1 n de acid acetic, la o temperatură de  $80^{\circ}\text{C}$ .

În funcție de indicele de stabilitate chimică la soluții acide, sticla optică se împarte în cinci clase (tabelul 3.3).

3.3.2. Proprietăți optice. Domeniul de utilizare a sticlei optice este determinat de proprietățile sale optice. Acestea sînt: indicele de refracție, dispersiile și coeficientul de dispersie.

Indicele de refracție este valoarea constantă a raportului dintre sinusul unghiului de incidență și sinusul unghiului de refracție cînd radiația este refractată din vid (sau din aer) într-un mediu. El se mai poate defini și ca raportul dintre viteza unei radiații electromagnetice în vid și viteza ei în mediul respectiv.

Valoarea indicelui de refracție depinde de natura mediului și de lungimea de undă a radiației.

Indicele de refracție se notează cu  $n_{\lambda}$ . Indicele reprezintă lungimea de undă pentru care se dă indicele de refracție. De exemplu pentru obținerea radiațiilor D ale spectrului se folosește flacăra vaporilor de sodiu ce dă o lumină spectrală galbenă cu  $\lambda_D = 5893 \text{ \AA}$ . În acest caz indicele de refracție se notează cu  $n_D$ . Valorile lui  $n$  depind de natura sticlei optice prin care trec radiațiile D ale spectrului.

Indicele de refracție se măsoară și se indică cel puțin cu o precizie de o unitate la a patra zecimală. Pentru sticle optice indicele de refracție variază în limitele 1,46 ... 1,9. El depinde de compoziția chimică și de tratamentul termic al sticlei.



După abaterea de la valoarea nominală a indicelui de refracție, sticlele optice sînt clasificate în cinci categorii (0,1,2,3,4).

Dispersia luminii. După cum se știe, raza de lumină ce trece printr-o prismă se descompune în culorile ei componente (fig.3.3). Mărimea descompunerii depind de compoziția tipului de sticlă. O măsură pentru descompunerea în culori este dispersia medie. Valoarea ei este determinată prin diferența dintre indicii de refracție pentru linia razelor albastre F și linia razelor roșii C din spectru, adică:

Dispersia medie:

$$n_F - n_C$$

Această diferență reprezintă unghiul pe care îl formează razele albastre și roșii, cînd lumina este descompusă printr-o prismă cu un unghi al prisme de  $1^\circ$ .

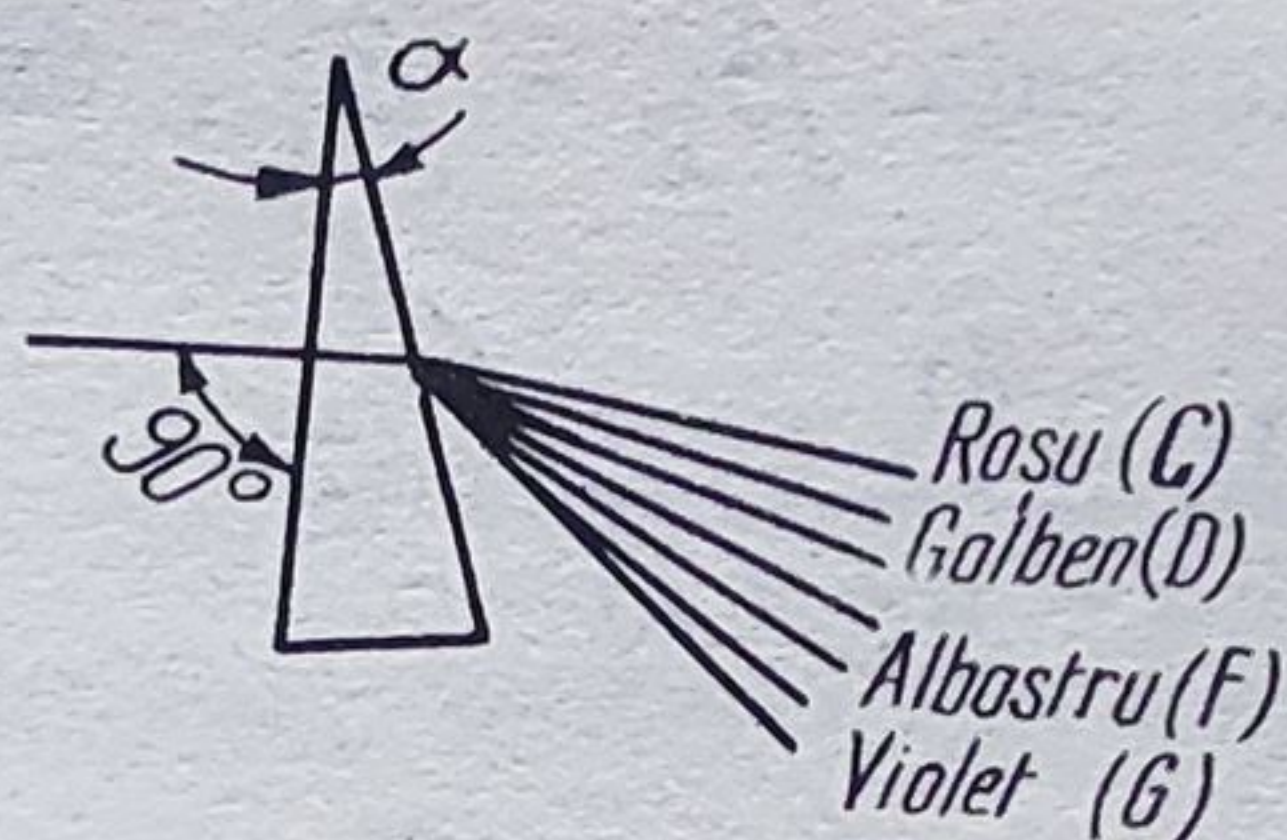


Fig. 3.3. Descompunerea luminii prin prismă.

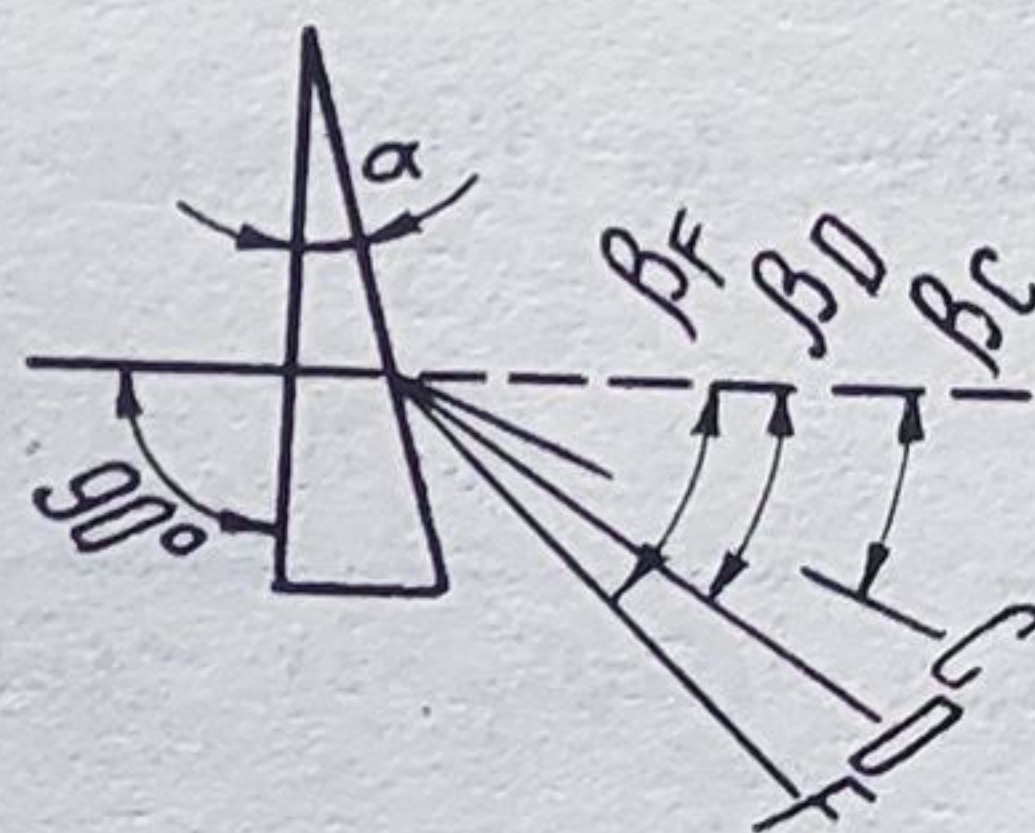


Fig. 3.4. Dispersia luminii.

Pentru calculele optice raportul dintre dispersia medie și deviație este mai important decît dispersia medie. El este indicat prin coeficientul de dispersie (Abbe). Coeficientul de dispersie indică de cîte ori un unghi mediu de deviație este mai mare decît unghiul mediu de dispersie (fig.3.4).

Coeficientul de dispersie este definit prin relația:



$$\gamma = \frac{\beta_D}{\beta_F - \beta_C}$$

Deviația față de direcția inițială a razei incidente se calculează cu formula:

$$\beta = \alpha(n-1),$$

în care:  $\beta$  este unghiul de deviație și  $\alpha$  unghiul prisme. Pentru fiecare dintre razele C, D și F rezultă unghiurile de deviație respective.

$$\beta_D = \alpha(n_D - 1),$$

$$\beta_C = \alpha(n_C - 1),$$

$$\beta_F = \alpha(n_F - 1).$$

Unghiul mediu de dispersie va fi dat de diferența  $\beta_F - \beta_C$ , deci :

$$\gamma = \frac{\beta_D}{\beta_F - \beta_C} = \frac{\alpha(n_D - 1)}{\alpha(n_F - 1) - \alpha(n_C - 1)} = \frac{\alpha(n_D - 1)}{\alpha(n_F - 1 - n_C + 1)}$$

$$\gamma = \frac{\alpha(n_D - 1)}{\alpha(n_F - n_C)}$$

sau

$$\gamma = \frac{n_D - 1}{n_F - n_C}.$$

În funcție de faptul că se introduc indicii de refracție mediu  $n_D$  sau  $n_d$ ,  $\gamma$  poate fi caracterizat mai bine printr-un indice:

$$\gamma_D = \frac{n_D - 1}{n_F - n_C},$$

$$\gamma_d = \frac{n_d - 1}{n_f - n_c}.$$



Dacă se ia pentru  $\vartheta_d$  valoarea 45, rezultă că unghiul de deviație mediu este de 45 ori mai mare decât unghiul de dispersie mediu.

Pierderile de lumină prin reflexie. Razele de lumină, parcurgînd într-un aparat optic suprafețele de separare sticlă - aer suferă pierderi parțiale, reflectîndu-se pe aceste suprafețe. Pierderile de lumină prin reflexie depind de indicele de refracție al sticlei, de starea suprafețelor (calitatea prelucrării), unghiul de incidență al razelor luminoase și polarizarea lor. Aceste pierderi sînt definite printr-un factor de reflexie.

Factorul de reflexie  $r$  reprezintă raportul dintre intensitatea luminii reflectate  $I'$  și intensitatea luminii incidente  $I_0$  și se exprimă, de obicei, în procente:

$$r = \frac{I'}{I_0} 100\%.$$

În cazul cînd razele luminoase cad perpendicular pe suprafața sticlei, factorul de reflexie se determină cu formula:

$$r = \frac{(n-1)^2}{(n+1)^2},$$

în care  $n$  este indicele de refracție.

Factorul de reflexie al sticlei depinde de unghiul de incidență al razelor de lumină, rămînînd aproape neschimbat pentru unghiuri de incidență mici și crescînd mult (aproape de 100%) pentru unghiuri de incidență foarte mari (aproape de  $90^\circ$ ). Fiind, în general, un fenomen dăunător, se caută ca pierderile prin reflexie, respectiv factorul de reflexie, să fie reduse.



3.3.3. Proprietățile mecanice ale sticlei sînt: densitatea, rezistența, duritatea, fragilitatea, coeficient de dilatare lineară.

Densitatea sticlei depinde de compoziția ei. Ea este situată între 2,5 și 6,5 g/cm<sup>3</sup>. Cu cît densitatea este mai mare cu atît sticlele sînt mai moi.

Rezistența de rupere la întindere a sticlei este relativ redusă (între 3,5-8,5 daN/mm<sup>2</sup>). Din această cauză, unele piese optice subțiri se deformează la prinderea lor în monturi. Rezistența de rupere a sticlei la compresiune este de circa 15-20 ori mai mare decît la întindere. Prezența unor oxizi ca: CaO, B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, BaO, PbO și Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> măresc rezistența sticlelor, în timp ce oxizii alcalini o reduc.

Duritatea. Această însușire a sticlei determină în mare măsură productivitatea proceselor de prelucrare. Cu cît sticla este mai dură, cu atît ea se prelucrează mai încet.

În mineralogie și în fizică, verificarea la densitate a corpurilor se face prin zgîriere. În acest scop se folosesc diferite minerale, care sînt înscrise în scara de duritate a lui Mohs, conform durității lor: grafic (talc) - 1; gips - 2; calcar - 3; fluorină - 4; apatită - 5; feldspat - 6; cuarț - 7; topaz - 8; corund - 9; diamant - 10.

Dacă trebuie determinată duritatea unui corp, el va fi încercat prin zgîrierea cu alt corp de duritate cunoscută. El va fi mai moale decît corpul de care a fost zgîriat. După scara Mohs, sticla are aproximativ duritatea 6.

Prin duritate specifică (relativă) se înțelege raportul dintre volumul de sticlă șlefuit în condiții standard la un eșantion de sticlă de un anumit tip și volumul de sticlă, șlefuit în condiții similare din eșantionul din sticla respectivă. La sticlele optice, valoarea durității specifice variază între 0,5 și 1.



Suprafețele prelucrate de sticlă trebuie așezate pe suporturi de pîslă, ferite de așchiile de metal, de sticlă sau de abrazivi.

Fragilitatea sticlelor constituie un neajuns. La sticle rupe-rea are loc imediat după atingerea limitei de deformare elastică. Re- zistența la acțiunea unei încărcări instantanee (șoc) este foarte mică la sticle. Pericolul este cu atît mai mare cu cît există muchii ascu- țite. De aceea se recomandă teșirea (fațetarea) acestora.

3.3.4. Proprietățile termice ale sticlei optice prezintă im- portanță la alegerea temperaturilor de lucru, stabilirea caracteristi- cilor materialelor auxiliare, stabilirea condițiilor materiale de lipi- re etc.

Coeficientul de dilatare liniară ( $\alpha$ ) se determină ca alungirea medie relativă a unei bare de sticlă, la creșterea cu un grad a tem- peraturii, măsurată într-un interval de temperaturi. În tabelul 3.4 se dau coeficienții de dilatare liniară pentru unele sorturi de sticlă și, pentru comparație, pentru cîteva metale.

Tabelul 3.4

Coeficienți de dilatare

Tipul de sticlă	Coeficientul de dilatare	Metalul	Coeficientul de dilatare
Schott FK 4	0,0000047	Wolfram	0,0000045
Schott BaF 5	0,0000074	Molibden	0,0000049
Schott K 2	0,0000091	Platină	0,0000091
Schott F 7	0,0000102	Fier	0,0000125
Sticlă de cuarț	0,0000006	Cupru	0,0000169

Variația indicelui de refracție cu temperatura. La încălzirea sticlei pînă la înmuiere și răcirea necorespunzătoare se poate produ- ce o modificare a indicelui de refracție.



Vitrifierea este modificarea unei substanțe, prin încălzire la temperatura înaltă, astfel încât structura ei să devină complet amorfă și cu luciu stielos. Se poate considera temperatura de vitrifiere, temperatura la care începe vitrifierea (lipirea) a două eșantioane de sticlă, cu dimensiunile de 20 x 20 x 10 mm, așezat unul pe celălalt, cu suprafețele polisate și încălzite cu o viteză de două grade pe minut. Temperaturile de vitrifiere sînt cuprinse în intervalul 500...710°C.

### 3.4. Clasificarea sticlelor optice

Sticlele optice se împart într-o serie de tipuri, în funcție de compoziția lor și de calitățile lor optice. Prin denumirea sticlelor optice se indică tipul sticlei. După denumire se deosebesc două grupe principale:

Sticlele tip cron (crown) și sticlele tip flint. După compoziție sticlele cron sînt lipsite de plumb, iar sticlele flint conțin plumb.

Sticla cron își are denumirea de la cel mai vechi procedeu de fabricare a geamurilor din Anglia. Forma de coroană (crown în limba engleză) apărea ca o treaptă intermediară la fabricarea sticlei.

Sticla flint a apărut datorită necesității de a se înlocui nisipul de cuarț obișnuit cu o materie primă mai pură, denumită în limba engleză flint. Deși actuala sticlă flint se deosebește esențial în compoziție de vechea sticlă flint, vechea denumire s-a menținut datorită tradiției.

Prin introducerea de diferite substanțe în compoziția sticlei, cele două tipuri de sticlă se prezintă în numeroase variante. La notarea lor se folosesc simbolurile K și F care reprezintă denumirea sticlei și o literă care arată substanța de adaos ce caracterizează proprietățile ei speciale. De exemplu: Fluor-cron (FK), cron-fosfat



(PK), flint barit ușor (BaLF), flint barit (BaF) etc. Deoarece sticlele cron și flint sînt de mai multe sorturi, la simboluri se mai atașează încă un număr, de exemplu ZK1, ZK 6, SF 14 etc. Se menționează că sticla cron-bar există de 12 sorturi, sticla cron grea 17 sorturi, sticla flint barit în 10 sorturi.

O serie de firme producătoare de sticlă (R.S.C., Franța, Anglia) au modificat sistemul de notare. Astfel, sortul de lentile este codificat printr-un număr format din șase cifre, dintre care primele trei indică primele trei zecimale ale indicei de refracție, iar ultimele trei, coeficientul de dispersie, exprimat în zecimi.

De exemplu BK 517/642 (bor cron cu indicele de refracție  $n_D = 1,517$  și coeficientul de dispersie  $\gamma = 64,2$ ).

Pentru alegerea sticlelor, fabricanții de sticlă optică prezintă cataloage în care pentru fiecare sort de sticlă sînt arătate caracteristicile optice, clasificarea lor după indici de calitate sau indicații privind absorbția, conținutul de bule, stabilitatea chimică etc.

### 3.5. Alte tipuri de sticle optice folosite în construcția aparatelor optice

3.5.1. Sticla optică colorată. La majoritatea aparatelor și instrumentelor optice se folosește sticla optică incoloră, însă pentru anumite scopuri speciale este necesară sticla cu o colorație precisă. De exemplu, în fotografiere se utilizează filtre galbene, în fotografierea cu raze infraroșii se folosesc filtre roșii, iar în tehnica iluminatului se folosesc filtre de diferite culori pentru obținerea unor efecte luminoase deosebite. Alte tipuri de sticle colorate sînt folosite de oameni pentru a proteja ochii contra razelor dăunătoare. Sticla colo-



rată are rolul de a reține unele dintre culorile componente ale luminii albe, lăsând însă să treacă pe celelalte.

Sticla colorată se fabrică în principiu în același mod ca și sticla optică incoloră, cu deosebire că se adaugă în amestec o substanță care provoacă o anumită colorare.

În afara tipurilor de sticlă avînd toată masa colorată, se mai produc și tipuri de sticlă compuse, la care o sticlă de bază, incoloră, este acoperită cu un strat subțire de sticlă colorată. Pentru o aderare bună între ele ambele tipuri de sticlă trebuie să aibă același coeficienți de dilatare.

3.5.2. Sticla care difuzează lumina are rolul de a abate lumina incidentă din direcția ei și de a o dispersa în toate direcțiile. Există două categorii de sticlă care difuzează lumina: sticla mată și sticla opală.

Sticla mată. Sticla mată se obține din sticla transparentă prin mătuirea ei pe una sau pe amîndouă fețele. Mătuirea se execută pe cale mecanică sau chimică.

Mătuirea mecanică se poate face prin sablare cu nisip sau șmirghel (pentru suprafețe sferice sau plane). Suprafețele cu formă neregulată se mătuiesc prin sablare. În urma mătuirii suprafața sticlei devine rugoasă. Calitatea mătuirii depinde de granulația nisipului. Cu cît granulația este mai mare, mătuirea este mai brută. Este indicat nisipul cu diametrul granulelor de 0,3-0,6 mm.

Mătuirea chimică se face prin atacare cu acid fluorhidric (FH), sau cu alți compuși ai fluorului. Suprafața sticlei este atacată cu intensități diferite, producîndu-se o anumită rugozitate. Față de mătuirea mecanică, mătuirea chimică este mai uniformă și mai fină.

Sticla opală. La sticla opală efectul de difuzie a luminii se obține prin modificarea întregii mase a sticlei. În timpul procesului



de topire se adaugă substanțe care determină opalescența prin separarea unui număr mare de particule incolore din masa de sticlă și prin distribuirea lor uniformă. Separațiile au, de obicei, forma de cristale, difuzia luminii făcându-se prin reflexie și refracție. Substanțele opalescente sînt compuși ai fluorului: fluorură de aluminiu ( $\text{AlF}_3$ ) fluorură de sodiu ( $\text{NaF}$ ).

Sticla care conține plumb poate deveni opalescentă și cu ajutorul amoniacului.

3.5.3. Sticla tehnică este sticla care se întrebuințează pentru confecționarea unor piese optice.

Sticla de oglinzi are o compoziție simplă, conținând  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$  sau  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ .

Sticla de oglinzi polisată se obține după șlefuirea și polisarea sticlei brute laminate. Ea nu trebuie să prezinte neuniformități vizibile la examinare. Grosimea foilor este de 4,5 - 35 mm, Se folosește la executarea unor piese optice de mică importanță: lentilele condensatoarelor, lentile de ochelari, reflectoare etc.

Sticla termostabilă are coeficientul de dilatare de 7-8 ori mai mic decît sticla obișnuită. Această sticlă nu se sparge la variații bruște de temperatură și are o rezistență mecanică mare.

Sticla de cuarț transparentă se obține din cuarț, avînd 99,7-99,8%  $\text{SiO}_2$ . Această sticlă are un coeficient de dilatare mic, o mare stabilitate termică, o mare transparență în domeniul spectrului cu radiații avînd lungimi de undă scurte ( $\lambda$  între 250 și 450  $\mu\text{m}$ ), temperatură de înmulere ridicată (circa  $1400^\circ\text{C}$ ), stabilitate chimică mare (în special față de apă și acizi) și conductibilitate electrică foarte redusă, chiar în domeniul temperaturilor ridicate. Se folosește pentru confecționarea sticlelor de control.



Sticla pentru termometre are o rezistență mecanică satisfăcătoare, este chimic stabilă, transparentă și nu cristalizează la prelucrarea cu becuri de suflat. În industria optică se folosește pentru confecționarea fiolelor de nivele cu bulă de aer.

3.5.4. Sticla organică este o masă plastică de diferite compoziții. Cea mai răspândită este plexiglasul - un termoplast transparent, fabricat din rășină acrilică. Plexiglasul are o mare plasticitate, se încovoale bine, se presează și se supune la toate felurile de prelucrare mecanică. Plexiglasul are proprietăți optice bune: transparentă, omogenitate; indicele său de refracție variază între 1,488 și 1,52 corespunzând sticlelor cron. Ceea ce limitează folosirea plexiglasului sînt diversitatea mică a constantelor optice în comparație cu sticla optică și duritatea sa mică.

### 3.6. Fabricarea sticlei optice

Materiile prime de bază pentru fabricarea sticlei nu sînt însă întotdeauna oxizi, ci și alte materii prime care se pot transforma în oxizi.

În funcție de rolul pe care îl au materiile prime în procesul de fabricare a sticlei se pot împărți în principale și auxiliare. Din cele principale fac parte acele componente ale încărcăturii prin intermediul cărora se introduc în sticlă anumiți oxizi (vitrificatori) iar din cele auxiliare fac parte substanțele care accelerează procesul de topire, care îmbunătățesc calitatea și fuziunea masei de sticlă și care dau sticlei o anumită culoare sau provoacă o absorbție a sticlei.

Impuritățile dăunătoare la fabricare sînt combinațiile conținînd fier și crom, ce provoacă o colorație și reduc transparența sticlei.



Materiile prime pentru formarea șarjei de sticlă optică sînt: nisipul de cuarț, soda și potasa, calcarul, creta, spatul de Islanda, miniul de plumb.

3.6.1. Șarja pentru fabricarea sticlei este un amestec mecanic omogen, format din materiale preparate în prealabil și care corespund unei anumite rețete. De acuratețea preparării șarjei depinde în mare măsură calitatea sticlei. Neomogenitatea șarjei provoacă formarea în sticlă a pietrelor, a incluziunilor filiforme, a bulelor etc.

La prepararea șarjei, are o mare importanță dimensiunea particulelor materiilor prime amestecate și umiditatea lor. De exemplu, fracțiuni prea mari de nisip formează cocoloașe la amestecare. În afară de aceasta, nisipul prea fin conține mult aer și la topirea sticlei se formează în masa de sticlă bule mici, care sînt îndepărtate cu multă greutate.

Mărimea granulelor materiilor prime trebuie să fie diferită, în funcție de greutatea lor specifică. Cu cît componentele sînt mai grele, cu atît finețea lor de măsurare trebuie să fie mai mare. De aceea, înainte de prepararea șarjei toate materiile prime se cern prin site cu găuri de diferite dimensiuni.

Materialele uscate se amestecă greu, iar șarja obținută se stratifică repede. Procesul de amestecare este mult ușurat de prezența umidității. Pentru ca șarja să nu formeze în acest caz cocoloașe, se umezește numai nisipul și apoi se adaugă celelalte componente și se amestecă. Umiditatea mărește capacitatea de reacție a componentelor. Drept optimă se consideră umiditatea nisipului de 2...4%.

Pentru fabricarea sticlei optice este foarte importantă posibilitatea de reproducere a constantelor sticlei, de același tip, de la o șarjă la alta. Pentru aceasta trebuie să se urmărească precizia de



dozare a materiilor prime la compunerea șarjei. Imprecizia de cântărire a componentelor și umezirea insuficientă pot duce la rebutul sticlei în privința constantelor optice. De exemplu, o eroare de 0,6% în conținutul de PbO provoacă la sticla flint o variație a indicelui de refracție de 0,0005, ceea ce se află la limita admisibilă.

Sticla optică se topește de obicei în creuzete în care se introduce șarja de materii prime, cum și spărturi de sticlă de același tip, care sînt deșeuri de la șarjele precedente. Folosirea spărturilor de sticlă ușurează fuziunea șarjei și reduce consumul de materiale al șarjei. În afară de aceasta spărturile de sticlă feresc fundul creuzetului de topit de descompunerea sa de către șarjă. De obicei se introduc spărturi de sticlă în cantitate de 25-30% din greutatea masei de sticlă.

În cursul procesului de topire creuzetele sînt supuse unor solicitări mari și de aceea, ele trebuie să satisfacă următoarele condiții:

- să reziste la temperaturile înalte necesare pentru topirea sticlei;
- să reziste atacului sticlei lichide și să nu aibă vreo influență asupra masei de sticlă.

Acestor condiții le corespunde cel mai bine argila refractară (șamota), care se topește la circa 1800...1850°C.

După fasonare, creuzetele sînt uscate într-o uscătorie, timp de minimum o lună. Fiecare creuzet, necesar pentru topirea sticlei, trece apoi la cuptorul de preîncălzire, în care este încălzit timp de circa opt zile, pînă cînd ajunge la culoarea roșu-deschis. Cu ajutorul unui clește mobil, creuzetul este introdus în cuptor, iar temperatura crește pînă la valoarea temperaturii de topire, care este menținută



timp de 10-12 ore, pentru a arde creuzetul suficient. Numai după ardere se poate începe turnarea amestecului.

3.6.2. Topirea sticlei. Creuzetul calcinat și încălzit pînă la o temperatură de  $900-1\ 000^{\circ}\text{C}$  se aduce cu ajutorul unui pod rulant sau a unui cărucior special la cuptorul de topit sticle și se introduce în camera sa de lucru.

După așezarea creuzetului în cuptorul de sticlă, ușa cuptorului se lasă în jos și se unge cu masă de șamotă în locurile sale de contact cu peretele, pentru a evita aspirația aerului rece prin neetanșeități. Temperatura cuptorului se menține în acest moment la nivelul  $900\dots 1000^{\circ}\text{C}$ . Apoi, începe pregătirea creuzetului - încălzirea treptată dar destul de rapidă a lui pînă la  $1\ 350\dots 1\ 400^{\circ}\text{C}$ . Acest lucru este necesar pentru îndesarea materialului creuzetului și formarea unei cruste vitrificate dense, stabilă față de componența încărcăturii. În funcție de dimensiunile creuzetului această operație durează între 5 și 10 ore. După aceasta se încarcă în creuzet spărturile de sticlă și abia apoi șarja. Întrucît volumul șarjei este de  $2\dots 3$  ori mai mare decît volumul sticlei ce se topește din ea, șarja se introduce în 3 sau 4 porții, la cîte  $1,5\dots 2$  ore.

Încărcarea mecanizată a șarjei folosită la topirea sticlelor tehnice nu s-a răspîndit încă pînă în prezent la topirea sticlei optice. La topirea sticlei optice șarja se introduce cu o lopată de fier sau cu o oală cu o capacitate de circa 40 kg. Încărcarea creuzetului cu șarja durează între 5,5 și 10 ore.

Șarja ce se află în creuzet se încălzește neuniform. Cel mai intens, se încălzește la părțile laterale ce comunică direct cu gazele fierbinți din camera de lucru a cuptorului și de aceea șarja începe să se topească de la partea superioară și se scurge treptat în josul



creuzetului, pătrunzând parțial în masa vitrifiată. La început se topesc componentele mai ușor fuzibile ale șarjei și diferitele amestecuri eutectice. Prin aceasta straturile superioare din șarje devin sărace în fondanți și plutind pe suprafața masei topite, se dizolvă încet în ea. Întrucât temperatura diferitelor straturi este neuniformă din cauza conductivității termice reduse a materialelor pulverulente din încărcătură, și desfășurarea reacțiilor este neuniformă pe întreaga masă: mai rapidă la suprafață decât în centru.

Limpezirea și omogenizarea masei de sticlă se face în funcție de tipul sticlei, la diferite temperaturi. Pentru amestecarea masei de sticlă se folosesc mașini prevăzute cu dispozitive amestecătoare de diverse tipuri. Materialul dispozitivului amestecător trebuie să reziste la temperaturile ridicate de topire, iar construcția sa trebuie să fie atât de rezistentă, încât ea să poată învinge rezistența mare a masei de sticlă la amestecare.

Masa de sticlă se amestecă cel mai intens la temperaturi ridicate când viscozitatea sa este mică. Prin scăderea temperaturii, mișcarea dispozitivului amestecător se încetinește. Acest lucru este provocat de faptul că la sporirea viscozității, bulele care au ajuns la suprafață pot fi din nou cufundate în interiorul masei de sticlă la o amestecare intensă. În practica topirii sticlei, pînă în ultimii ani masa de sticlă era agitată numai în etapa a doua de topire, uneori chiar după terminarea limpezirii. Un astfel de regim nu asigură omogenizarea rapidă a masei de sticlă. Procesul de topire se prelungește mult.

Principalii parametri ai regimului de topire a sticlelor optice sînt: capacitatea creuzetului, timpul său de extragere, numărul de introduceri ale șarjei și frecvența lor, temperatura de topire



și limpezimea masei de sticlă, viteza de rotație a dispozitivului amestecător, durata fuziunii, durata diferitelor etape de topire, temperatura de scoatere a creuzetului și durata răcirii.

Curba regimului de temperatură al topirii și maximul de temperatură se stabilesc în funcție de compoziția sticlei, fuzibilitatea sa și capacitatea de a reacționa cu materialul creuzetului de topire. De exemplu, dacă la topirea sticlelor greu fuzibile maximul de temperatură obișnuit de  $1\ 400 \dots 1\ 500^{\circ}\text{C}$  nu este suficient, pentru topirea unor sticle relativ ușor fuzibile maximul de temperatură nu trebuie să depășească  $1\ 300 \dots 1\ 400^{\circ}\text{C}$ .

La majoritatea sticlelor, procesul de topire durează între 25 și 35 ore; socotind de la introducerea și până la extragerea creuzetului, durata etapei de încărcare variază între 4,5 și 10 ore.

Cel mai repede se topesc sticlele de flint și de flint grele: aproximativ 25...30 ore. Cel mai încet se topesc sticlele de cron grele cu bariu (40...50 ore), iar ceva mai repede sticlele de cron cu silicați.

Controlul procesului de topire. Controlul calităților optice ale sticlei în timpul topirii are o mare importanță la fabricarea sticlei optice. Pentru controlul sticlei se folosesc de obicei epruvete polisate de formă geometrică regulată. Confecționarea unor astfel de epruvete necesită mult timp.

Metoda de control a sticlei în bucăți de formă neregulată permite să se corecteze indicele de refracție al sticlei în timpul topirii sale. Această metodă constă din următoarele: în timpul topirii sticlei se ia o probă în momentul în care masa de sticlă este destul de omogenă. Proba răcindu-se în aer se căleşte. După aceasta se măsoară indicele de refracție al probei și se compară  $n_D$  al pro-



bei cu  $n_D$  al epruvetei de referință. Când indicele de refracție al sticlei încercate este mai mare decât cel al piesei de referință, se introduce în șarjă o anumită cantitate de spărturi de sticlă cu indicii de refracție mai scăzuți și se continuă topirea. Când dimpotrivă indicii de refracție al sticlei este mai mic, atunci în șarjă se adaugă spărturi de sticlă cu indicii de refracție mai ridicat, sau un anumit component al șarjei, care este ușor absorbit de masa de sticlă și care mărește indicii de refracție (de exemplu miniu de plumb).

Această metodă a fost aplicată mai întâi la fabricarea sticlelor de flint și apoi pentru obținerea unor sticle de alte tipuri.

Trebuie observat că datele pentru corecția compoziției sticlei după indicii de refracție pot fi obținute foarte repede - în decurs de 15...20 min. Introducerea acestei metode în producție a creat un efect economic mare, reducând rebutul la unele sticle pînă la 2...3% față de 40...50%.

3.6.3. Recoacerea sticlei este tratamentul termic care se aplică pentru reducerea tensiunilor interne. Tensiunile interne iau naștere la răcirea rapidă. Ele pot să dispară sau să se micșoreze în cazul cînd sticla este încălzită din nou, astfel încît particulele sale să devină mobile, iar straturile deformate ale eșantionului să poată ajunge pe cît posibil în starea inițială ce exista înainte de acționarea forțelor ce au provocat tensiunile. Întrucît mobilitatea sticlei este invers proporțională cu viscozitatea sa, tensiunile dispar cu atît mai repede cu cît viscozitatea sticlei este mai mică. La o viscozitate  $\eta = 1 \cdot 10^{13}$  ...  $2,5 \cdot 10^{13}$ , poise tensiunile dispar aproape complet. Temperatura corespunzătoare acestei viscozități se numește temperatura de recoacere.



Procesul de recoacere se divide în mai multe etape (fig.3.5).

Prima etapă se caracterizează prin aceea că sticla se încălzește sau se răcește pînă la temperatura de recoacere (punctul I) în funcție de faptul dacă temperatura sa a fost inferioară sau superioară temperaturii de recoacere.

În etapa a doua sticla se menține la așa-numita temperatură superioară de recoacere (care este de obicei cu 5...10 grade mai mică decît temperatura  $T_d$ ) pînă la egalizarea temperaturii în toate straturile eșantionului pentru anularea tensiunilor.

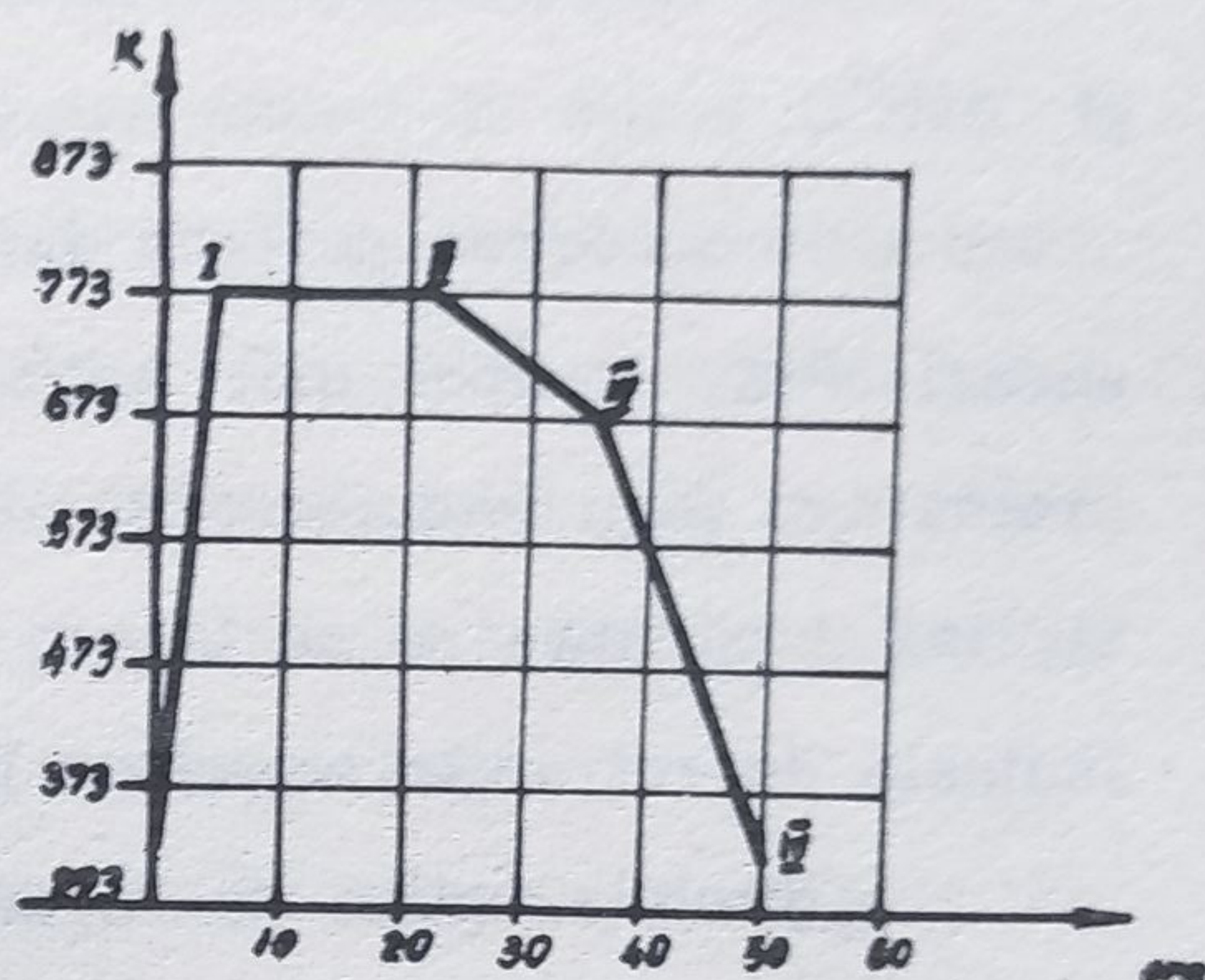


Fig.3.5. Diagrama de variație a temperaturii la recoacerea sticlei.

Etapa a treia numită domeniul de recoacere, se caracterizează prin aceea că eșantionul se răcește pînă la temperatura inferioară de recoacere, care este de obicei cu 50...60 grade mai mică decît temperatura superioară de recoacere și corespunde la o vîscozitate de  $10^{15}$  poise. Sub aceste temperaturi tensiunile remanente de obicei nu apar. Eșantionul trebuie răcit încet pentru ca în el să nu apară tensiuni noi, viteza de răcire fiind cu atît mai mică cu cît eșantionul este mai gros.

În etapa a patra sticla se răcește destul de repede, de obicei de 3...4 ori mai repede decît în intervalul de recoacere.

Regimul de temperatură la recoacere depinde de compoziția sticlei și de grosimea produselor. Recoacerea unei sticle de cron obișnuit la o grosime a plesii pînă la 4 cm se face după următorul regim:



- încălzirea în prima etapă pînă la temperatura de  $500^{\circ}\text{C}$  cu o viteză de cel mult  $80^{\circ}\text{C}$  pe oră;
- menținerea piesei la temperatura de  $600^{\circ}\text{C}$  timp de 15 ore;
- răcirea în domeniul de recoacere pînă la  $80^{\circ}\text{C}$ .
- răcirea în etapa a patra cu o viteză pînă la  $400^{\circ}\text{C}$  pe oră.

La majoritatea sticlelor tensiunile dispar în domeniul  $670^{\circ}\text{C}$  și  $350^{\circ}\text{C}$ .

Recoacerea se face după orice tratament termic al sticlei, uneori chiar de două ori. Astfel, la finisarea sticlei optice după o prelucrare prin înmuierea semifabricatelor, se face o recoacere brută, iar după presare se face o recoacere fină finală. La recoacere, indicele de refracție se aduce la valoarea necesară.

Sticlele optice se recoc în cuptoare speciale cu acțiune periodică sau continuă.

La recoacere într-un cuptor periodic piesele se așază pe plăci de șamotă, apoi cuptorul se încălzește și după un anumit timp se închide. După aceasta cuptorul se răcește pe cale naturală.

Cuptoarele cu acțiune continuă au forma unui tunel la care în diferitele porțiuni se mențin temperaturi diferite în conformitate cu regimul de recoacere stabilit. Semifabricatele se încarcă continuu pe vagonete și circulă în tunel parcurgînd succesiv toate etapele de recoacere.

Recoacerea fină a sticlei optice necesită o distribuție corectă a temperaturilor și menținerea strictă a unui anumit regim. Aceste condiții pot fi numai cu greu realizate în cuptoarele tunel. De aceea în prezent sticlele optice se recoc în cuptoarele cu acțiune periodică.



Rezultatele optime pot fi obținute la recoacerea în cuptoare electrice. Principalul fel de rebut al recoacerii îl formează neomogenitatea optică a sticlei.

3.6.4. Elaborarea sticlei. În urma elaborării, masa vîscoasă de sticlă trece în stare solidă și se transformă în sticlă. Elaborarea ei se face prin presare și laminare. Piese optice nu pot fi executate direct prin presarea sau turnarea masei de sticlă vîscoasă fără o prelucrare mecanică suplimentară a suprafețelor. Prin prelucrarea mecanică dimensiunile și calitatea suprafețelor piesei se aduc pînă la cerințele stabilite. O complicație a tehnologiei de confecționare a semifabricatelor din masa vîscoasă din sticlă o constituie imposibilitatea unui control precis al calității sale.

Executarea pieselor din masă de sticlă necontrolată poate duce la aceea că după efectuarea unui ciclu îndelungat de operații mecanice de prelucrare a sticlei să se descopere defectele din ea, (incluziuni filiforme sau bule), piesa trebuind să fie rebutată. De aceea, în prezent din masa de sticlă vîscoasă sau lichidă se execută numai semifabricatele care permit un control precis al calității sticlei, iar piesele optice se fac din sticlă controlată.

Finisarea sticlei optice se realizează în principal prin trei procedee:

- răcirea sticlei direct în creuzetul de topit, urmată de spargerea în bucăți;
- laminarea masei de sticlă vîscoasă pe o masă de fontă cu ajutorul unui valț metalic în foi de grosime dată;
- turnarea sticlei din creuzet într-o formă unde ea se răcește sub forma unui corp - bloc masiv.



Răcirea masei de sticlă în creuzetul de topire. Acest procedeu de finisare a sticlei optice așa-numit clasic este cel mai vechi. Sticla obținută astfel se caracterizează printr-o mare omogenitate.

Finisarea sticlei prin răcire în creuzet se face în felul următor: creuzetul cu masa de sticlă, după răcirea în cuptor, este scos de acolo cu podul rulant sau pe un cărucior de mână și se așază pentru răcire într-o încăpere special rezervată pentru aceasta.

Regimul de răcire este foarte important deoarece el influențează calitatea și producția de sticlă bună. O răcire prea rapidă duce la călirea sticlei, care prin spargerea creuzetului se sparge la rîndul ei în bucăți mici ce nu mai pot fi prelucrate. În afară de aceasta, prin răcirea rapidă, adică în condițiile unor curenți de convecție puternici, pot apărea în sticlă incluziuni filiforme datorită pătrunderii impurităților din straturile de sticlă de lîngă pereți ce au altă compoziție. Prin răcirea prea înceată sticla se poate solidifica într-un singur bloc mare avînd tensiuni remanente mari, ceea ce îngreuează spargerea lui în bucăți de dimensiune necesară. Viteza excesiv de mică de răcire este adeseori cauza apariției în sticlă a unor cristale sau chiar a unor cristalizări complete a sticlei.

Viteza necesară de răcire a sticlei se realizează prin izolări termice corespunzătoare ale creuzetului cu sticlă după scoaterea sa din cuptor. Pentru aceasta, după 0,5...1,5 ore de la scoaterea creuzetului, în funcție de tipul sticlei și de dimensiunile creuzetului, se presară pe suprafața solidificată a sticlei un strat de kiselgur sau de nisip, iar după alte 0,5...1 ore se așază pe creuzet o cămașă și în spațiul dintre creuzet și cămașă se introduce de asemenea kiselgur sau nisip. Pentru micșorarea curenților de convecție, creuzetele cu sticlă se așază pe suporturi bune conducătoare de căldură, de exem-



plu plăci de fier. Uneori se montează pentru același scop răcitoare cu apă.

După răcirea creuzetului cu sticlă pînă la temperatura aerului din secție, se îndepărtează izolația termică și creuzetul cu sticlă se sparge manual cu o rangă grea din oțel sau cu un ciocan.

Sticla se desface în bucăți de formă nedeterminată și de dimensiuni diferite. Pentru determinarea corespondenței sticlei fabricate cu cerințele tehnice stabilite se iau bucăți mici din diversele sale sectoare, care se cercetează în laboratorul optic al fabricii. Cînd încercările probelor luate dau rezultate pozitive, șarja se consideră bună și sticla se trimite la prelucrare ulterioară. Toate bucățile de sticlă inclusiv cele mici se cîntăresc pentru determinarea producției globale de sticlă, iar apoi bucățile mari se sparg tot cu un ciocan din oțel în bucăți mai mici cu greutatea de 8...10 kg. Concomitent se scot din sticlă bucățile de creuzet, ca și porțiunile de sticlă cu defecte clar vizibile, iar bucăților bune li se dă o formă rotunjită.

În procesul de spargere se obțin deșeuri mari de sticlă uneori pînă la un sfert din masa topită. După controlul respectiv, sticla ce nu poate fi prelucrată mai departe se utilizează ca spărturi pentru topire.

Elaborarea sticlei prin laminare. Această metodă constă în următoarele: sticla se toarnă din creuzet pe o masă din fontă și se laminează cu un valț din fontă răcit cu apă. Creuzetul este răsturnat cu macaraua. La curgerea masei de sticlă, trebuie să se urmărească ca masa de sticlă să nu se prelingă pe suprafața exterioară a creuzetului deoarece sticla se murdărește.

O masă obișnuită de fontă are dimensiunile 10 x 6 m. Valțul este acționat de un motor electric. După laminare, placa de sticlă



clă se deplasează cu ajutorul unor împingătoare metalice pe vatra cuptorului de recoacere.

Datorită faptului că sticla, valțul și masa au temperaturi diferite, suprafața plăcii laminate este neregulată, rugoasă, acoperită cu fisuri fine, netransparentă. Pentru obținerea unei sticle transparente plan-paralele trebuie să se îndepărteze prin șlefuire și polisare un strat destul de mare de sticlă (2...3 mm de fiecare parte), ceea ce scumpește mult prețul de cost.

La turnarea unei sticle relativ lichide, incluziunile filiforme pătrund în masa de sticlă, înrăutățind calitatea acesteia; acțiunea in-

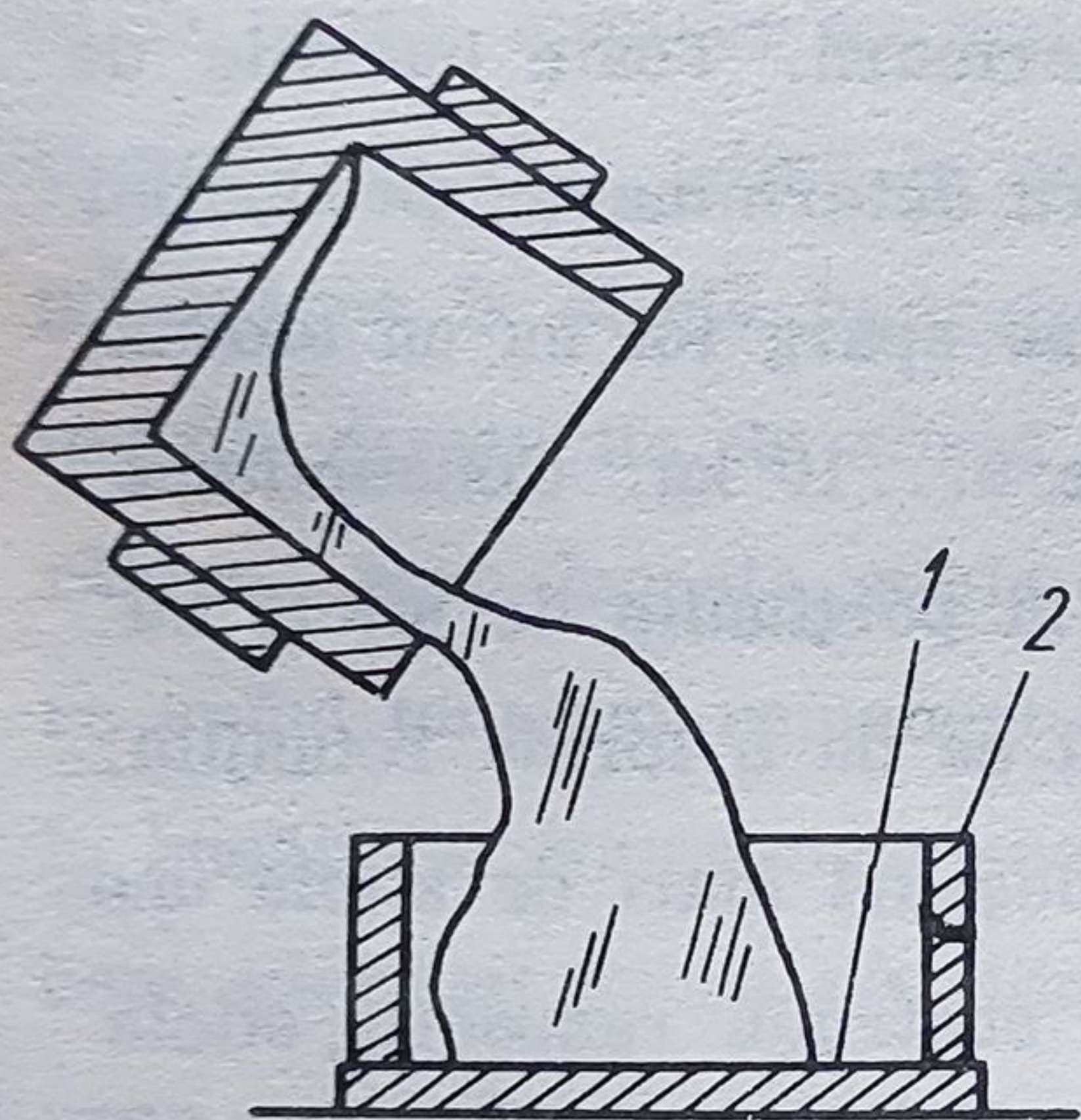


Fig.3.6. Turnarea sticlei.

cluziunilor filiforme este întrucâtva slăbită prin laminare în decursul căreia ele se orientează într-un singur sens și devin vizibile numai atunci când se privește placa din față. De aceea din această sticlă se execută piese ce lasă să treacă lumina numai într-o singură direcție, de exemplu lentile pentru aparate ieftine de fabricație în serie.

Elaborarea masei de sticlă prin laminare permite utilizarea creuzetului pentru mai multe șarje, ceea ce este foarte favorabil.

Turnarea sticlei în formă. Acest procedeu permite să se obțină semifabricate de dimensiuni foarte mari, de exemplu pentru obiective mari, ceea ce nu se poate obține prin răcirea masei de sticlă în creuzet. După topirea și răcirea sticlei în cuptor, creuzetul se scoate se răcește cîtva timp în aer, apoi se aduce la forma în care se toarnă masa de sticlă (fig.3.6).



Transportul și răsturnarea creuzetului se fac cu o macara.

Forma de turnare constă dintr-o placă de fier mobilă 1 cu un inel demontabil sau din pereți plani ce se așază pe placa 2. Datorită viscozității mari a masei de sticlă ea se scurge din creuzet sub forma unei picături mari, iar stratul fibros de lângă pereți nu pătrunde în formă. După turnare, forma cu sticla se introduce într-un cuptor electric pentru recoacere.

S-au făcut încercări de a turna piese mici în producția în serie. Masa de sticlă vâscoasă era scoasă din creuzet cu o țeavă și turnată în formă. Suprafețele unor astfel de piese turnate se obțin destul de curate și transparente. Semifabricatul are de obicei bavuri ce se îndepărtează la prelucrarea ulterioară.

#### Capitolul 4

### SEMIFABRICATE FOLOSITE LA FABRICAREA PIESELOR OPTICE GENERALITĂȚI

Procesul de prelucrare ulterioară a sticlei optice, care se desfășoară în fabricile de sticlă, constă în tratamentul termic și prelucrarea mecanică a semifabricatelor și controlul calității sticlei. Conținutul, numărul și succesiunea efectuării acestor operații depind de procedeu de semifinisare al sticlelor și de felul semifabricatelor obținute.

Sticla optică se fabrică sub formă de semifabricate neprelucrate, șlefuite sau polisate în formă de cuburi, discuri, plăci pă-



trate sau dreptunghiulare, sau de orice altă formă condiționată de beneficiar (fig. 4.1).

Primele operații de fabricare a semifabricatelor constau în pregătirea semifabricatelor pentru controlul calității sticlei, îndeosebi în privința apariției incluziunilor filiforme și a bulelor, pentru ca în continuare să se execute piese din sticlă fără defecte. Celelalte operații se execută în scopul de a da semifabricatelor o anumită formă.

Din bucățile de fontă oarecare se obțin două feluri de semifabricate: sub formă de plăci sau cilindri și sub formă de piese presate.

Din foi, semifabricatele se obțin fie prin presare, sau prin prelucrare mecanică.

Confecționarea semifabricatelor dintr-un bloc mare turnat se face prin prelucrarea sa mecanică. Piesele turnate de dimensiuni mici sînt chiar ele semifabricatele pieselor.

În acest capitol se tratează trei procese tipice de obținere a semifabricatelor din bucăți de sticlă, și anume: înmuierea, presarea și carotarea.

#### 4.1. Obținerea semifabricatelor prin înmuiere

Procesul de înmuiere constă în transformarea bucăților de sticlă de diferite forme, obținute după spargerea creuzetului, în bucăți de o anumită formă geometrică, cu ajutorul înmuierii sticlei prin încălzire. Forma tipică a bucăților înmuiate este un paralelipiped cu o grosime de circa 8-10 cm.

Mai rar se obține sticlă în formă de cilindri și prisme. Înmuiera sticlei se face în forme de șamotă unse la interior cu colofoniu pentru o mai ușoară extragere a sticlei din formă. Temperatura



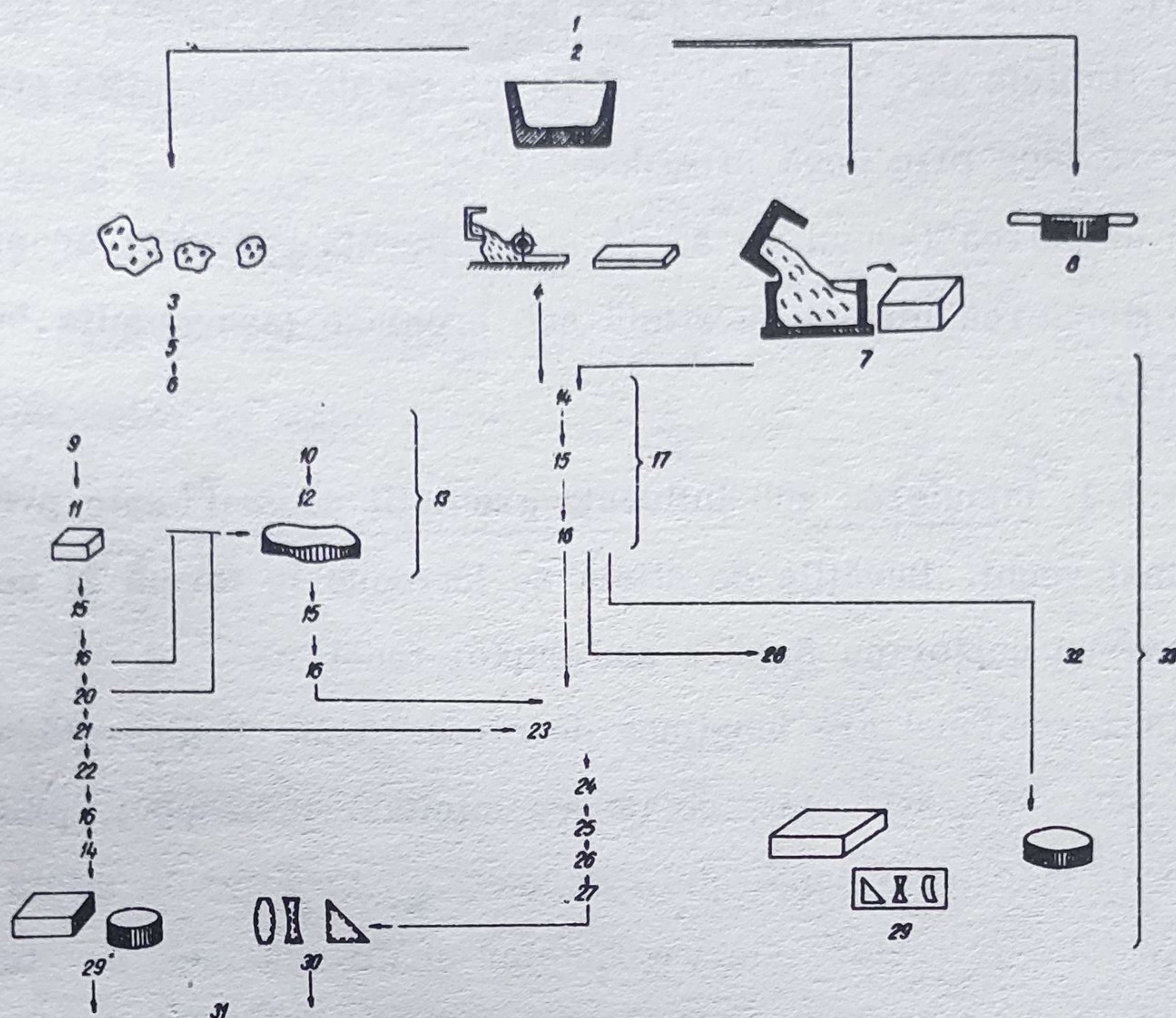


Fig.4.1. Schema proceselor de elaborare a sticlei și de confecționare a semifabricatelor pieselor optice:

1- elaborarea sticlei optice; 2- creuzetul; 3-spargerea sticlei răcite; 4- laminarea sticlei în foi; 5- controlul preliminar al bucăților; 6-sortarea bucăților; 7- turnarea unor blocuri mari din mase de sticlă; 8- turnarea unor blocuri mici din masa de sticlă; 9- obținerea semifabricatelor prin înmuiere; 10- obținerea semifabricatelor prin presare; 11- înmuierea bucăților; 12- turtirea bucăților; 13- pregătirea semifabricatelor pentru control; 14- recoacerea; 15- șlefuirea și polisarea; 16- control; 17- pregătirea semifabricatelor pentru controlul sticlei; 18- rebut datorită incluziunilor filiforme; 19- rebut datorită dimensiunilor; 20-trasaj; 21- tăierea cu fierăstrăul; 22- prelucrarea de degroșare; 23- tăierea; 24- ajustarea la greutatea prescrisă; 25-presare; 26- recoacere; 27- control final; 28- tăierea în bucăți; 29- semifabricate în plăci; 30- piese presate; 31- controlul final; 32-alegerea bucăților pentru confecționarea pieselor importante; 33- confecționarea semifabricatelor.



tura la care sticla este într-o stare plastică comodă pentru formare variază în limitele de  $227^{\circ} - 527^{\circ}\text{C}$  în funcție de compoziția sticlei. Înmuiera se face prin două procedee:

- umplerea formei cu sticlă sub influența greutății proprii;
- umplerea formei cu sticlă sub presiune (așa-numita înmuieră forțată).

4.1.1. Înmuierea sub influența greutății proprii este procedeul cel mai vechi. Bucățile de sticlă se introduc în formă și se încălzesc într-un cuptor cu flacără sau cuptor-tunel.

Cuptorul-tunel are lungimea de circa 15 m. Temperatura în interiorul său variază treptat, de la cea minimă, la început, până la cea maximă, la capătul cuptorului. Formele cu bucățile de sticlă se așază pe plăcile refractare ale vagonetelor și circulă încet în tunel. Pe un parcurs de  $4/5$  din lungimea cuptorului, sticla se încălzește treptat. Abia la capătul cuptorului sticla se tasează și umple forma.

Timpul cât sticla stă în zona de tasare, este între 1,5 și 3 ore, în funcție de tipul de sticlă și de mărimea bucăților.

După înmuieră sticla se introduce într-un cuptor special pentru recoacere. Latura pozitivă a acestui procedeu de înmuieră constă în posibilitatea confecționării concomitente a unui număr mare de semifabricate. Laturile negative ale procedeului constau în dificultatea respectării unei poziții strict orizontale a fundurilor, din care cauză semifabricatele se obțin deseori în formă de pană sau bucățile de sticlă se lipsesc de forme. Uneori, în spațiul dintre sticlă și fundul formei pătrunde aerul, formându-se bule mari în sticlă.

4.1.2. Înmuierea forțată constă în umplerea formelor cu sticlă înmuiată în urma unei acțiuni mecanice asupra ei. Procesul se realizează de obicei într-un cuptor cu o lungime de circa 10 m. Spre



deosebire de cuptorul mai sus descris, această construcție are două canale așezate unul peste altul și încălzite independent (fig. 4.2). În canalul superior 1 sticla se încălzește pentru înmuiere, iar în cel inferior 2 ea este recoaptă. Bucățile de sticlă sortate după greutate se așază pe recipientele 3 așezate pe șenilele mobile 4. Deplasarea recipientelor cu sticlă se face fie manual, fie printr-o acționare mecanică.

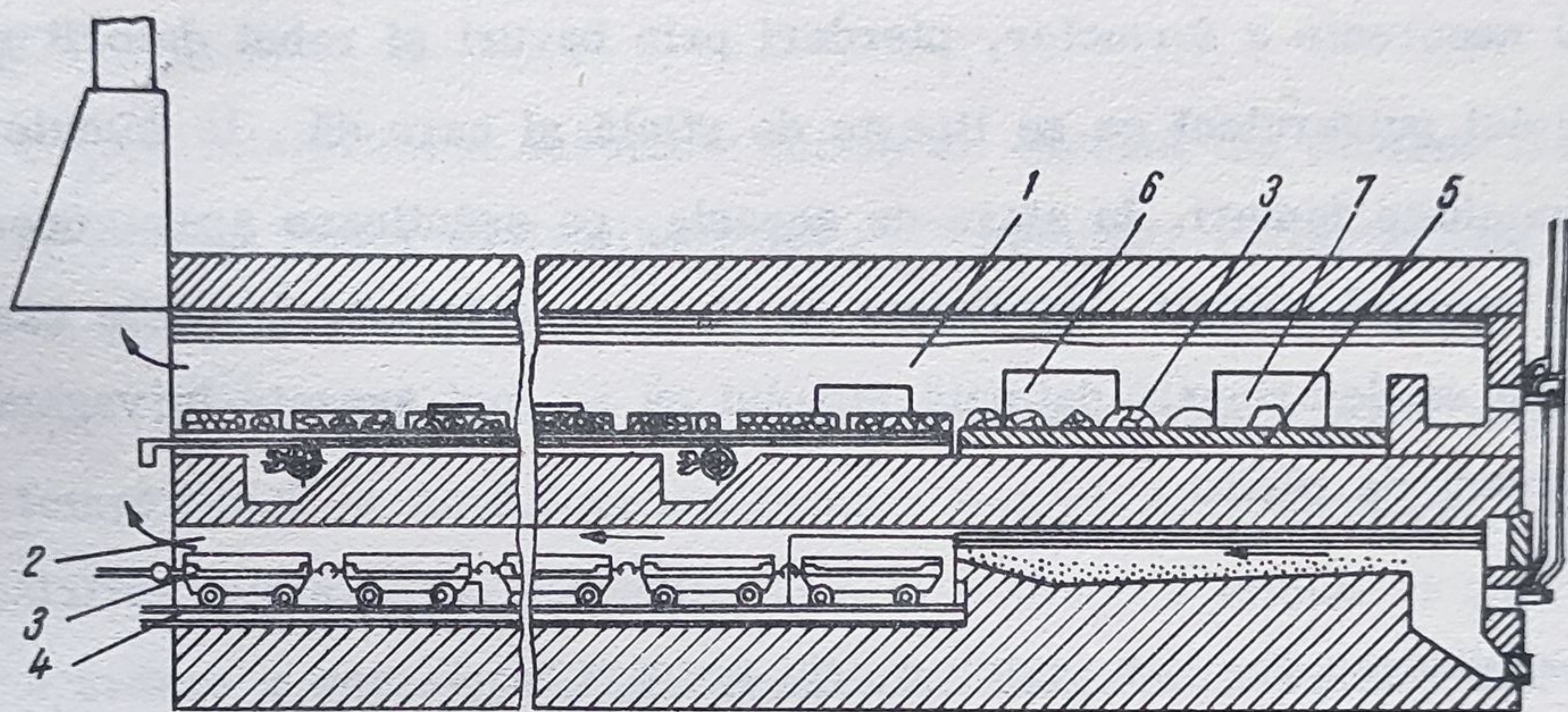


Fig. 4.2. Cuptor pentru formarea semifabricatelor prin înmuiere: 1, 2- canale; 3- recipiente; 4- șenile; 5- vatră; 6, 7 uși.

La capătul drumului sticla se înmoaie, se aruncă pe vatra de șamotă și se aduce la muncitor prin ușa 6. Muncitorul care stă în dreptul găurii cu lopățele speciale, dă bucății de sticlă o formă mai mult sau mai puțin regulată și alegând forma potrivită ca dimensiuni o așază pe bucata înmuiată și apoi o scoate din cuptor pe o placă de fontă așezată lângă cuptor, la nivelul pardoselii. Forma se umple cu sticlă cu ajutorul unei prese pneumatice. Pentru o bună umplere a formei este necesar ca volumul de sticlă să depășească întotdeauna puțin nivelul său. Excesul de sticlă iese sub formă de bavuri de sub cadrul formei. Dacă volumul de sticlă depășește cu mult volumul for-



mei se obțin bavuri foarte mari și pierderile de sticlă cresc. De aceea, cea mai favorabilă este înmuierea în forme cu poanson avînd o rezervă mare în înălțime.

Bucata de sticlă înmuiată trece prin ușa 7 în recipientul vagonetului canalului inferior, pentru recoacere.

Laturile negative ale acestui procedeu sînt: rebutul datorită cutelor de pe sticlă la prelucrarea sa cu lopețile, rebut datorit umplerii necorecte a formelor, pierderi prin bavuri și rebut datorit materialului pulverulent ce se lipește de sticlă și care dă la înmuiere așa-numitele fumuri. În afara de aceasta, pe eșantioane apar uneori fisuri datorită răcirii insuficient de atente a plăcilor. În unele cazuri bucățile se deformează datorită faptului că au fost așezate în vagonete insuficient de răcite.

#### 4.2. Obținerea semifabricatelor prin presare

Presarea este procedeul de formare forțată a masei de sticlă vîscoasă pentru obținerea unor semifabricate de piese optice de diferite forme, atît pentru lentile cît și pentru prisme.

Deoarece forma piesei presate se apropie mai mult de forma piesei finite, prelucrarea mecanică este mai redusă fapt care reduce consumul de sticlă. De exemplu, utilizarea unor semifabricate presate sferice permite să se facă o economie pînă la 50% sticlă, în comparație cu semifabricatele în bucăți sau în plăci și pînă la 30% în comparație cu piesele turnate cilindrice. De asemenea, se reduce consumul de materiale abrazive scumpe folosite la prelucrarea mecanică.

Calitatea sticlei unei piese executată dintr-un semifabricat presat este, de asemenea, mai bună decît la executarea pieselor din plăci



sau piese turnate. Presarea permite utilizarea unor bucăți de sticlă cu dimensiuni nestandardizate și a spărturilor de sticlă, ceea ce mărește în general producția de sticlă optică bună.

Elementele de formare la presare sînt matrița și poansonul. Matrița servește ca receptor pentru sticlă și în majoritatea cazurilor este fixă. Poansonul este partea mobilă a elementelor de formare; el apasă pe masa de sticlă și o obligă să umple spațiul dintre el și matriță.

În majoritatea cazurilor forma se execută din diverse aliaje ce se disting printr-o stabilitate termică ridicată, refractaritate, duritate și stabilitate chimică.

În procesul de presare au o foarte mare importanță regimul de temperatură și încălzirea uniformă a suprafețelor formelor. Supraîncălzirea suprafețelor formelor duce la o lipire a sticlei și uneori la o ardere a suprafețelor forme; prin scăderea temperaturii în raport cu cea optimă, sticla se solidifică însă repede și suprafața piesei presate nu este suficient de netedă. Reglarea temperaturilor suprafețelor de formare se realizează prin răcirea sau încălzirea lor artificială, cum și prin variația regimului lor de lucru.

Pentru ca în timpul presării sticla să nu se lipească de matriță, suprafața de lucru a acesteia se presară cu un strat subțire de nisip fărîmițat sau kiselgur. În timpul presării, acest strat se imprimă în stratul exterior al piesei presate, formînd așa-numita crustă de șamotă; de aceea, adaosul pentru prelucrarea mecanică a acestei fețe trebuie să fie ceva mai mare.

Pe suprafața piesei presate se imprimă tipul sticlei, cum și numărul șarjei. Pe suprafețele sferice ale pieselor presate se imprimă și valoarea razei de curbură.



Ca material inițial pentru presare servesc semifabricate cu defecte descoperite - turte (pentru piesele cele mai importante) și foi (pentru piese mai puțin importante).

Presarea din sticlă răcită este foarte asemănătoare cu înmuierea forțată.

Procesul de fabricație a pieselor presate se compune din următoarele operații: obținerea semifabricatelor, pregătirea semifabricatelor pentru presare, încălzirea semifabricatelor, presarea, recoacerea pieselor presate.

4.2.1. Obținerea semifabricatelor. Bucăților diforme de sticlă li se dă forma de plăci-turte, de grosimea dată prin înmuierea forțată, denumită în acest caz turtire.

Pentru a asigura o grosime constantă a plăcuței (10...12 mm) se folosesc opritoare limitatoare. Plăcuțele obținute la turtire nu au o formă geometrică determinată, de aceea la tăierea lor se formează multe deșeuri. Pentru reducerea deșeurilor se folosesc dispozitive simple ce permit presarea plăcuțelor cu contur mai regulat, de exemplu sub formă de dreptunghi.

Pentru descoperirea defectelor sticlei, turtele se șlefuiesc și se lustruiesc și apoi se controlează.

4.2.2. Pregătirea semifabricatelor pentru presare. Pentru a obține un semifabricat presat de dimensiuni date, în forma de presare trebuie să se introducă o bucată de sticlă de greutate determinată cu o precizie până la 0,1 g. Greutatea semifabricatului se stabilește prin calculul dimensiunilor sale după datele desenului piesei, ținându-se seama de adaosurile pentru prelucrare. Abaterile limită ale dimensiunilor piesei presate se determină în principal pentru lentile la diametrul lor și la razele de curbura ale suprafețelor, iar pentru



prisme la greutatea lor (tabelele 4.1 și 4.2). Greutatea semifabricatului trebuie să fie ceva mai mare decât greutatea piesei presate. Adaosul se ia procentual față de greutatea piesei presate și scade la creșterea acesteia. De exemplu, la o greutate a piesei presate pînă la 2 g adaosul este de 25%, la o greutate de 10...20 g este de 15%, iar peste 200 g este numai 5%.

Stabilind greutatea piesei presate, se taie turtele în bucăți la volumul necesar și se ajustează pînă la greutatea prescrisă.

Tabelul 4.1

Cîteva valori ale abaterilor limită  
la dimensiunile pieselor presate pentru lentile

Felul toleranței și dimensiunea	Diametrul lentilelor, mm			
	sub 10	de la 10 pînă la 50	de la 50 pînă la 120	peste 120
Diametrul, în mm	$\pm 0,2$	$\pm 0,2 \pm 0,3$	$\pm 0,5 \pm 0,8$	$\pm 1,2$
Grosimea pe axă, mm	+ 2,0	1,5 - 1,0	1,0	1,0
Diferența de grosime la margini, mm	0,2	0,2 - 0,4	0,5 - 0,8	1,0
Abaterea razelor de curbură, mm				
R = 30 mm	0,6	0,6 - 1,0	1,2 - 1,5	1,8
R = 20 mm	sub 0,4	0,4 - 0,6	0,8 - 1,0	1,2

Tabelul 4.2

Unele valori ale abaterilor limită la dimensiunile  
pieselor presate pentru prisme

Felul toleranței și dimensiunea	Greutatea piesei presate, în g	
	sub 50	peste 50
Înălțimea, mm	+ 1,5	+ 2,0
Distanța dintre muchiile paralele, mm	+ 1,0	+ 1,5
Unghiurile și paralelismul fețelor, grade	$\pm 1$	
Îndoiturile suprafeței, mm	0,3	0,5



Această operație se realizează în tambure speciale, în care semifabricatele, amestecate cu nisip și apă în raport de circa 1:3, sînt rostogolite timp de 2...3 ore, în funcție de tipul sticlei.

Semifabricatele cu o lungime de peste 30 mm nu se prelucreză în tambure, ci cu mașini de șlefuit brut. După rostogolirea sau degroșarea semifabricatelor, se verifică dacă ele nu prezintă defecte exterioare (ciupituri, fisuri) și dacă dimensiunile lor corespund cu cele date.

4.2.3. Încălzirea semifabricatelor înainte de presare. Semifabricatele pentru piesele presate sînt mici în majoritatea cazurilor și ele pot fi încălzite fără o precauție specială.

Temperatura de încălzire variază între  $700...1100^{\circ}\text{C}$  în funcție de tipul sticlei. Semifabricatele se încălzesc pînă la înmuiere, timp de cîteva minute. Cuptoarele folosite se încălzesc cu gaz de iluminat sau de generator, sau cu energie electrică.

4.2.4. Presarea semifabricatelor. Se disting două procedee de presare: exterioară și interioară.

La presarea exterioară (fig. 4.3) scula este foarte simplă. Semifabricatul încălzit 1 se așază în matrița 2 și se presează de sus

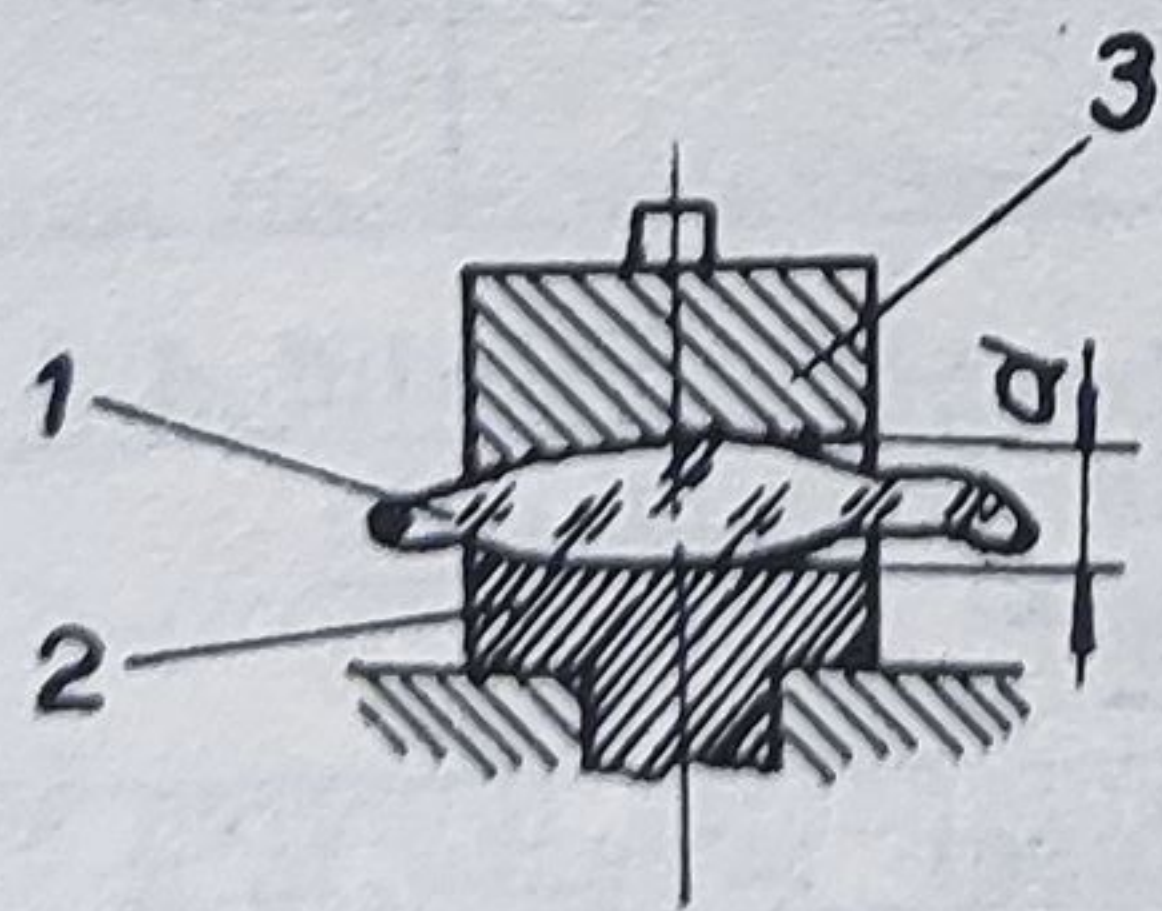


Fig. 4.3. Schema presării exterioare: 1- semifabricat; 2- matriță; 3- poanson; d-grosimea semifabricatului.

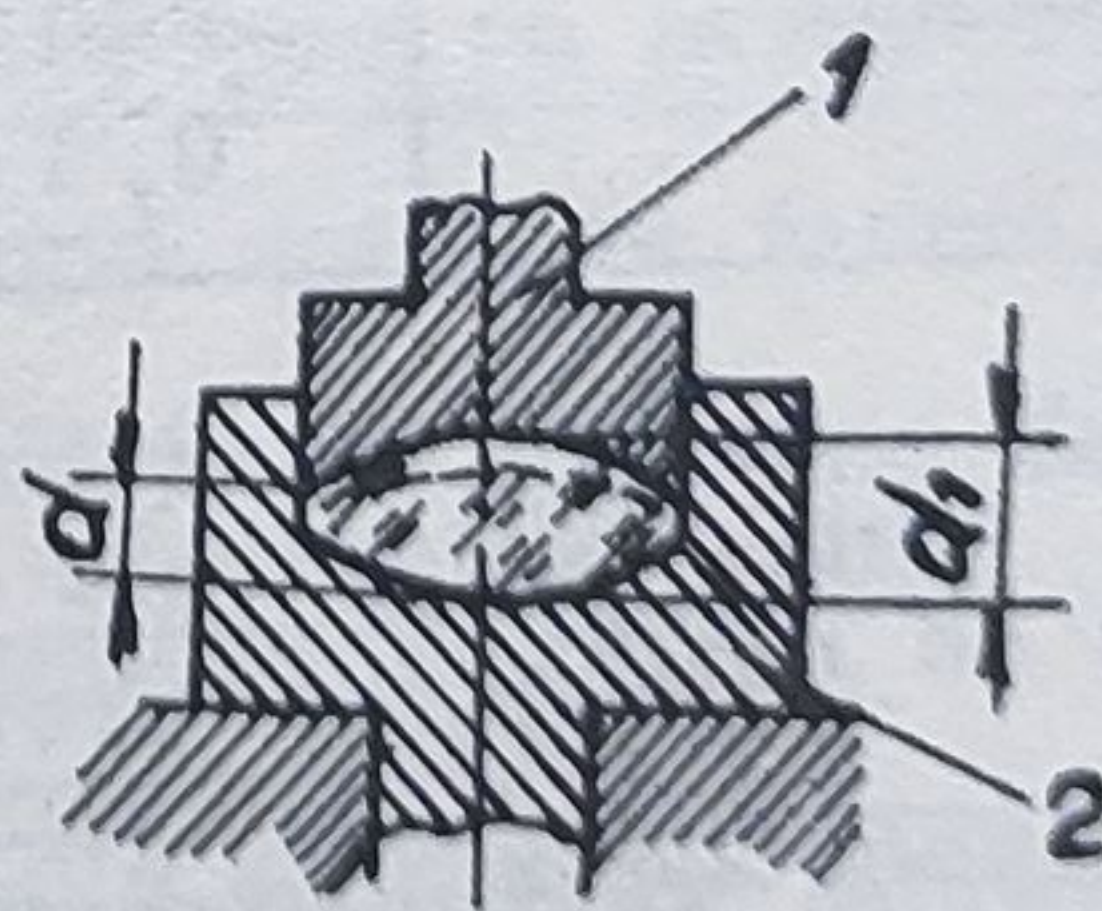


Fig. 4.4. Schema presării interioare: 1- poanson; 2- matriță;  $d_1$  grosimea semifabricatului; d- grosimea calculată.



cu poansonul 3. Matrița se încălzește cu o flacără cu gaz. Cursa poansonului este limitată de un opritor special ce reglează grosimea de presare  $d$ . Când dimensiunile semifabricatului sînt mai mari decît este necesar pentru obținerea unei piese presate de grosimea necesară, pe ea se formează excese de sticlă sub formă de bavuri.

Piesa presată finită se scoate din matriță într-o cutie specială și se trimite la recoacere.

La presarea interioară (fig. 4.4) poansonul 1 intră în matrița 2, datorită cărui fapt nu se formează bavuri la presare. Când dimensiunile semifabricatului nu corespund calculului se obține o piesă presată cu grosimea  $d_1$  ce diferă de cea calculată  $d$ . Latura pozitivă a acestei scheme de presare constă în lipsa bavurilor.

Neajunsurile ambelor procedee constau în distrugerea suprafeței poansonului la încălzire, din care cauză el iese din uz după presarea a 5 000...10 000 semifabricate.

De asemenea, este îngreuiată desprinderea piesei presate de matriță; de aceea, trebuie prevăzute extractoare speciale.

La compararea presării exterioare cu cea interioară trebuie observat că prima revine cu circa 40% mai scump din cauza deșeurilor la bavuri și ajustarea precisă a semifabricatelor.

Unul din momentele esențiale de presare îl constituie formarea marginii piesei presate, a muchiei sale superioare, deoarece volumul semifabricatului nu este întotdeauna egal cu volumul piesei presate ce se execută.

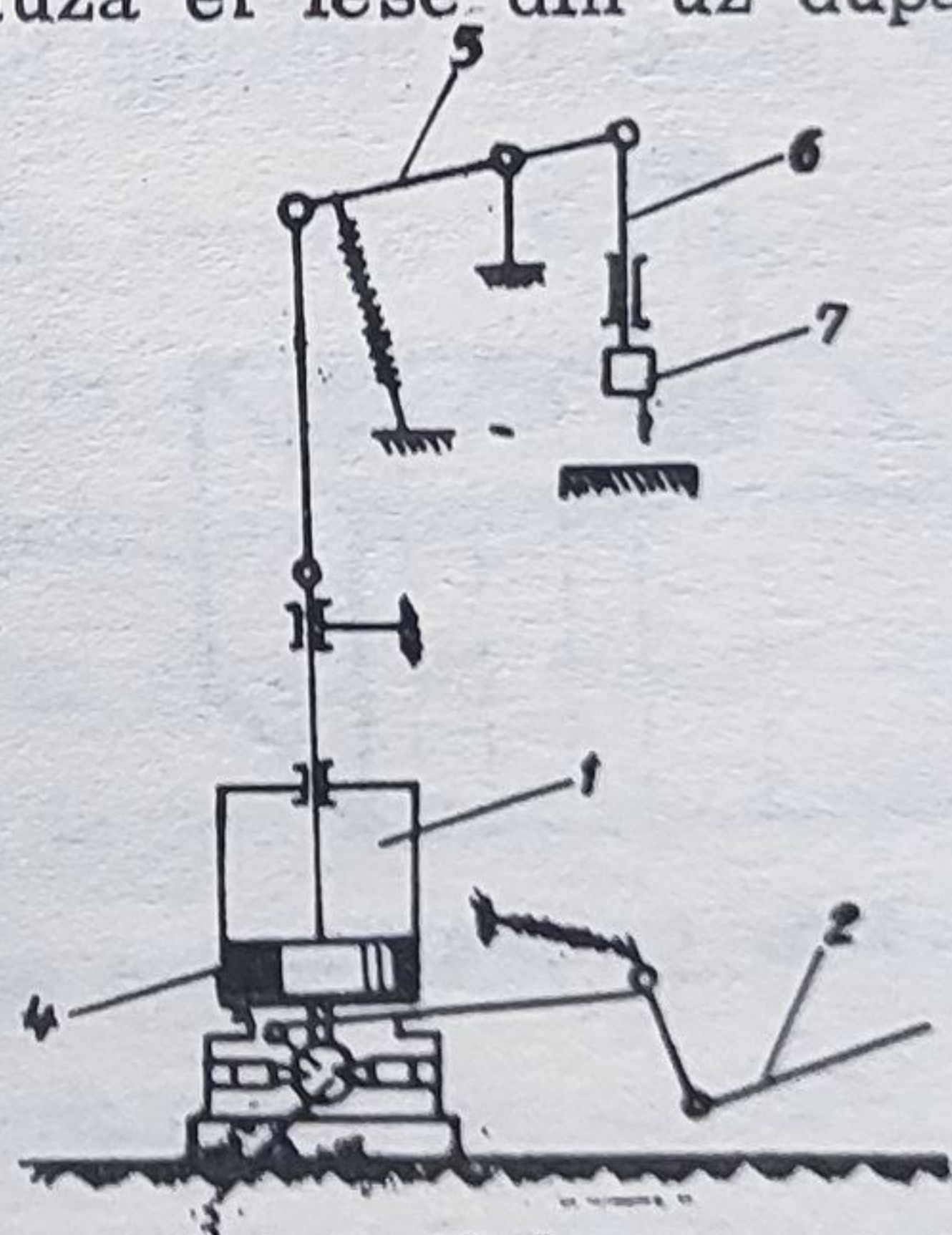


Fig. 4.5. Schema preseii de picior:

1- cilindru; 2- pedală ;  
3- supapă; 4- piston; 5,  
6- pârghii; 7- poanson.



Presele se aşază de obicei lângă cuptoare. Pentru execu-  
rea pieselor presate se folosesc prese de tip relativ uşor - manua-  
le şi de picior; pentru mecanizarea alimentării se prevăd capete re-  
volver rotative cu acţionare pneumatică la poanson.

În figura 4.5. se arată schema unei prese simple pentru  
presarea exterioară şi interioară realizată prin presiune pneumatică.

În cilindrul 1 se introduce aerul cu ajutorul pedalei-pîrghie 2  
şi se deschide supapa 3. Deplasarea pistonului 4 se transmite prin  
pîrghiile 5 şi 6 la poansonul 7. După presare piesele presate se re-  
coc de obicei în cuptoare electrice.

#### 4.3. Carotarea

Carotarea este procedeul de obţinere a semifabricatelor ci-  
lindrice (fig. 4.6). Burghiul tubular 1, prevăzut cu diamant sinteri -

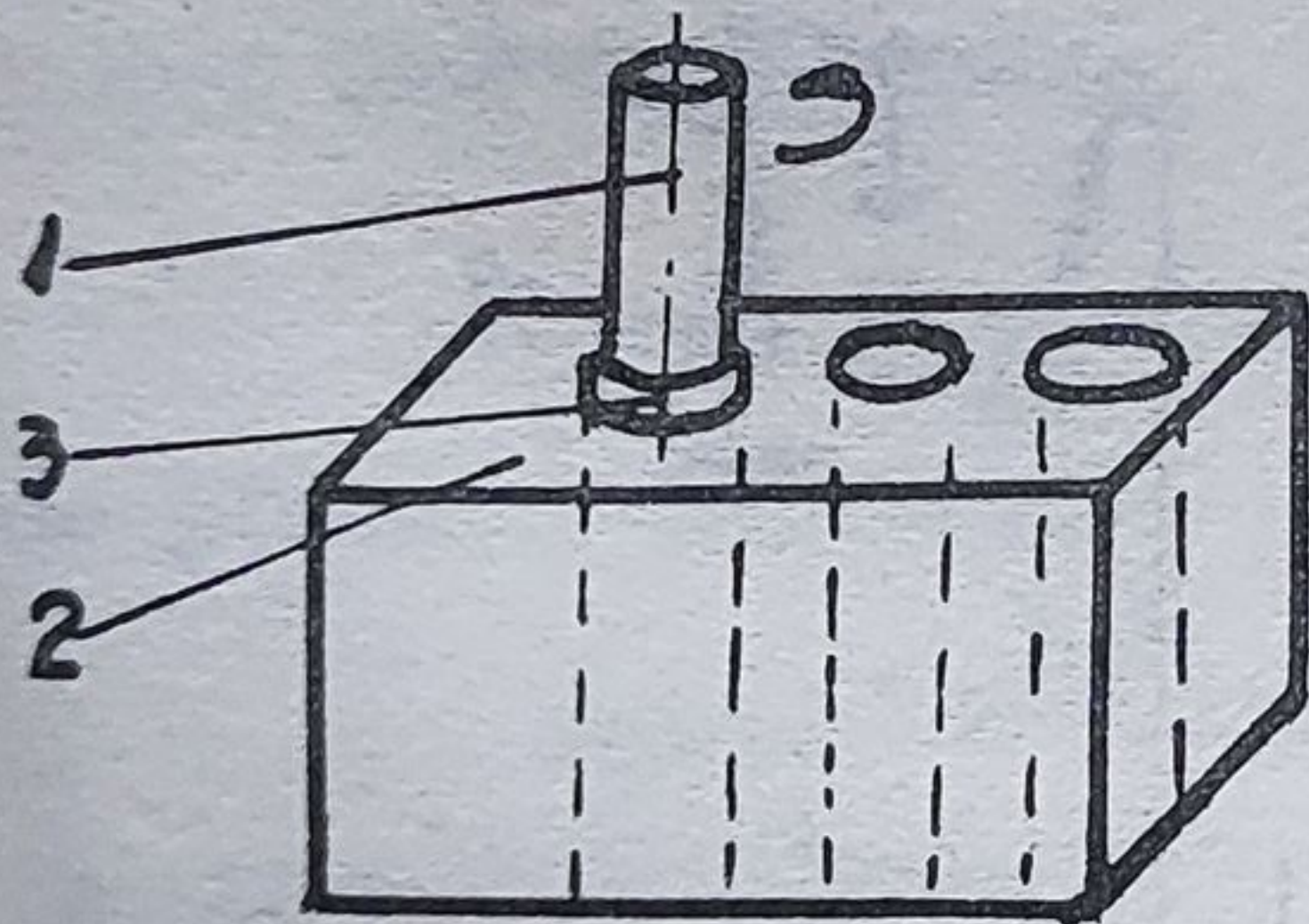


Fig. 4.6. Carotarea.

zat 3 montat la maşinile de găurit spe-  
ciale scot din blocul 2 semifabricate ci-  
lindrice cu lungimea cuprinsă între 120-  
-160 mm. Din coloanele cilindrice obţi-  
nute se taie semifabricate la grosimea  
dorită.

#### 4.4. Controlul final al semifabricatelor şi regulile de recepţie

Toate semifabricatele se supun după recoacerea finală unui  
control amănunţit în privinţa calităţilor optice, a calităţii sticlei şi a  
defectelor exterioare.

Dintre defectele exterioare fac parte: şamota, fumuri, cute,  
strivituri, bavuri, creştături, cioplituri, adîncituri.



Fumurile sînt incluziuni de particule fine de praf sau bule fine. Cutele sînt brazde adînci pe suprafața semifabricatului ce se formează la presare.

Strivitură se numește adîncitura superficială a piesei presate, ce se formează la presarea sau răcirea semifabricatului.

Crestătura este o fisură superficială puțin adîncă ce apare la presarea sau răcirea semifabricatului.

Cioplitura este o fisură puțin adîncă ce se formează datorită lovirii.

Adîncituri se numesc deteriorările suprafeței ce au structură de sufluri și se formează datorită lovirii.

Dimensiunile semifabricatelor se verifică cu șublerul, șablonul de grosime, sau cu calibre potcoavă avînd o precizie pînă la 0,1 mm. Sfericitatea suprafețelor se verifică cu șabloane de rază, iar planitatea cu rigla de verificat. Adîncimea șamotei, fumurilor, adîncimea creștăturilor și cutelor, dimensiunile bavurilor și fațetelor trebuie determinate prin controlul exterior, la o iluminare laterală puternică și umezirea semifabricatelor cu lichid de imersie.

Semifabricatele sînt recepționate de secția de control tehnic a fabricii constructoare. Pentru fiecare lot de semifabricate secția de control tehnic întocmește o fișă în care se indică numărul și data fișei, fabrica producătoare, denumirea semifabricatelor, numărul semifabricatelor din lot, tipul sticlei, numerele șarjelor, numerele recoacerilor, categoriile și clasele sticlei după proprietățile optice și indicii de calitate a sticlei.



## CONDIȚIILE TEHNICE IMPUSE PIESELOR OPTICE

Tehnologia de fabricație a pieselor optice este determinată de forma și dimensiunile pieselor, de precizia prelucrării, de tipul semifabricatului și de tipul sticlei.

### 5.1. Tipurile de piese optice

După formă, piesele optice se împart în următoarele grupe: lentile, prisme, pene optice și lame plan-paralele.

Lentilele sînt limitate de suprafețe sferice, plane, cilindrice sau suprafețe asferice.

Prisme au suprafețele plane dispuse sub unghiuri diferite una față de cealaltă. În funcție de drumul razei axiale, prismele se împart în două categorii: simple - cu drumul razei în același plan și complexe - cu drumul razei în două plane perpendiculare între ele. Prismele complexe au, de obicei, două fețe dispuse în unghi drept una față de cealaltă, numindu-se prisme "cu acoperiș".

Penele optice și lamele plan-paralele sînt limitate de suprafețe plane și cilindrice și, uneori, numai de suprafețe plane cu răs-cordări.

### 5.2. Calitatea suprafețelor pieselor optice

Formele în care se folosesc piesele optice sînt următoarele: cu suprafețe șlefuite și cu suprafețe polisate.

Suprafața șlefuită are neregularități ce dispersează difuz razele și are aspect rugos netransparent. Înălțimea medie a rugozității  $R_z$  variază între 63...50 și 3,2...1,6  $\mu\text{m}$ .



Suprafața polisată este transparentă pentru radiațiile domeniului vizibil al spectrului și are proprietăți de reflexie (de oglindă) a luminii. Înălțimea medie a rugozității suprafeței polisate variază între 0,2 și 0,06  $\mu\text{m}$ , pentru piesele care nu intră într-un sistem optic (de exemplu, suprafețele de lucru ale unor fiole de nivele) și între 0,06 și 0,012  $\mu\text{m}$  pentru piesele care formează sistemul optic al unui aparat (lentile, prisme, reticule, oglinzi).

Suprafețele șlefuite ale pieselor optice sînt, în majoritatea cazurilor, înactive, iar cele polisate sînt suprafețe de lucru.

La lentile, pene optice circulare, lame plan-paralele, sînt șlefuite numai suprafețele cilindrice. La prisme sînt șlefuite fețele laterale.

### 5.3. Precizia de prelucrare a suprafețelor optice

Precizia de prelucrare a suprafețelor polisate este foarte ridicată, depășind cu mult precizia de prelucrare a metalelor. Dacă la prelucrarea mecanică piesele se execută cu precizii de ordinul micrometrilor ( $\mu\text{m}$ ), la prelucrarea pieselor optice de serie precizia medie este de ordinul zecimilor și sutimilor de  $\mu\text{m}$ .

Precizia deosebită cerută pieselor optice este condiționată de natura ondulatorie a luminii și de proprietățile sticlei.

Neparalelismul fețelor lamelor plan-paralele de precizie și abaterea limită la unghiurile prismelor de precizie ajung uneori pînă la două secunde ( $2''$ ).

Condițiile tehnice la confecționarea pieselor optice se stabilesc pe baza datelor calculului sistemului optic. Sînt două feluri de condiții: pentru sticla din care trebuie să se execute piesa și pentru



piesă, adică pentru precizia de executare a suprafețelor de lucru și inactive.

La condițiile pentru sticlă se indică valorile abaterilor limită ale principalelor însușiri optice. Pentru sticla optică incoloră se indică abateri pentru: indicele de refracție, dispersia medie, omogenitatea optică, dubla refracție, absorbția luminii, lipsa incluziunilor filiforme și numărul de bule.

La executarea pieselor din sticlă colorată se indică datele pentru culoare ale sticlei.

Condițiile pentru piesă se împart în două grupe. Din prima grupă de condiții fac parte datele desenului piesei. Din a doua grupă de condiții fac parte datele înscrise într-o tabelă.

5.3.1. Reprezentarea în desen a pieselor optice. Piese și ansamblele optice, cum și schemele optice se reprezintă în desen astfel încât razele incidente să vină din partea stângă.

Desenele pieselor și schemelor optice trebuie să satisfacă condițiile din standardele pentru desene tehnice referitoare la notarea dimensiunilor și a toleranțelor, alegerea scărilor, notarea semnelor de prelucrare și completarea cartușului cu inscripția de bază a desenului.

Pentru desenele pieselor optice și ansamblelor din piese lipite se vor folosi formate normale la care se va adăuga în colțul stâng (sus) al câmpului desenului o tabelă specială, care se compune din două părți, cuprinzând condiții pentru material și condiții pentru piesă.

Piese optice și ansamblele se vor desena cu un număr minim de proiecții, suficiente pentru explicarea formei și a dimensiunilor piesei. Piese rotunde, de exemplu lentilele, se vor desena



numai în secțiune. Planurile de secționare ale reperelor optice, se hașurează cu linie scurtă-lungă-scurtă.

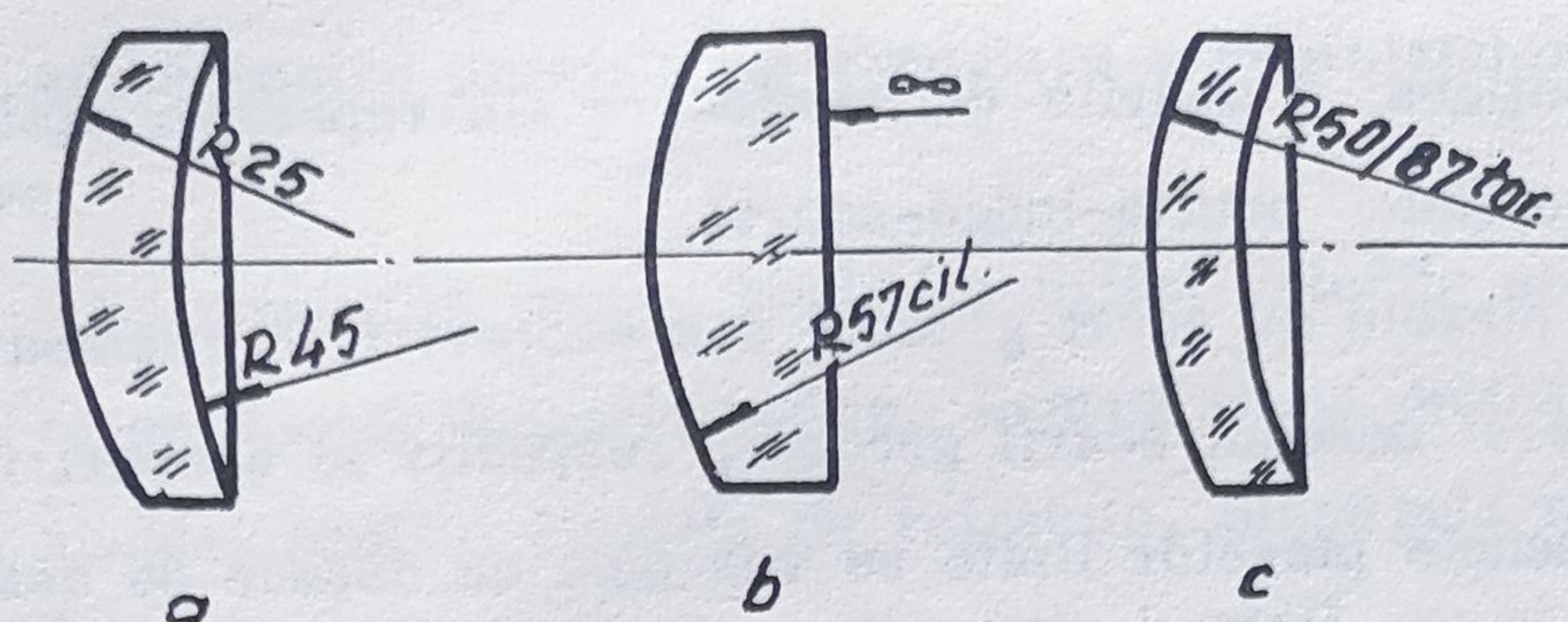
La piesele cu scări gradate sau acoperiri se recomandă a se face separat desenul scării gradate, respectiv al acoperirii.

Desenele pieselor lipite se vor face ca desene de ansamblu. Se va adăuga în colțul din stînga sus tabela de condiții pentru ansamblu.

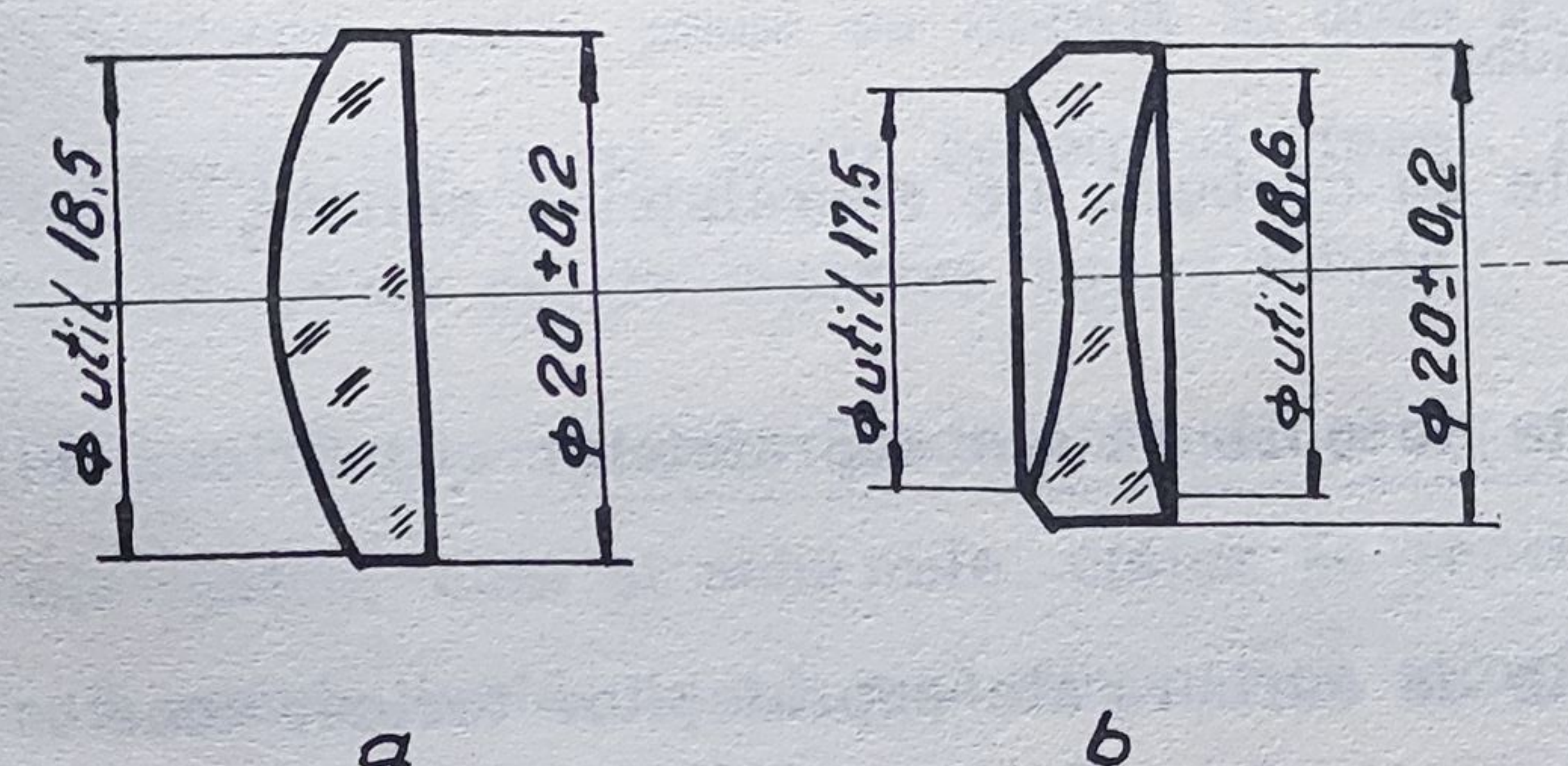
Cotarea. Pe desenele lentilelor, reticulelor, filtrelor de lumină, oglinzilor și sticlelor rotunde de protecție se vor indica următoarele dimensiuni:

- razele de curbură ale suprafețelor sferice, notate cu  $R$  (fig. 5.1, a);
- razele de curbură ale suprafețelor cilindrice: "cil" (fig. 5.1, b);
- razele de curbură ale suprafețelor torice; acestea se notează prin două numere separate de o linie de fracție urmate de literele „tor”; primul număr exprimă valoarea numerică a razei cercului generator, iar al doilea valoarea numerică a razei cercului mare al torului (fig. 5.1, c);
- suprafețele plane ale lentilelor se notează cu semnul  $\infty$  (fig. 5.1, b);
- diametrul exterior, care se tolerează conform figurii 5.2, a și b;
- grosimea pe axa optică. Se recomandă a se indica înformativ și lățimea marginii piesei optice, precum și grosimea de gabarit a meniscurilor (fig. 5.3, a, b, c);
- dimensiunile care determină poziția și lățimea fațetei;
- dimensiunile care determină poziția, lungimea, lățimea și adâncimea semnelor și a diviziunilor (pentru scări gradate și reticule).

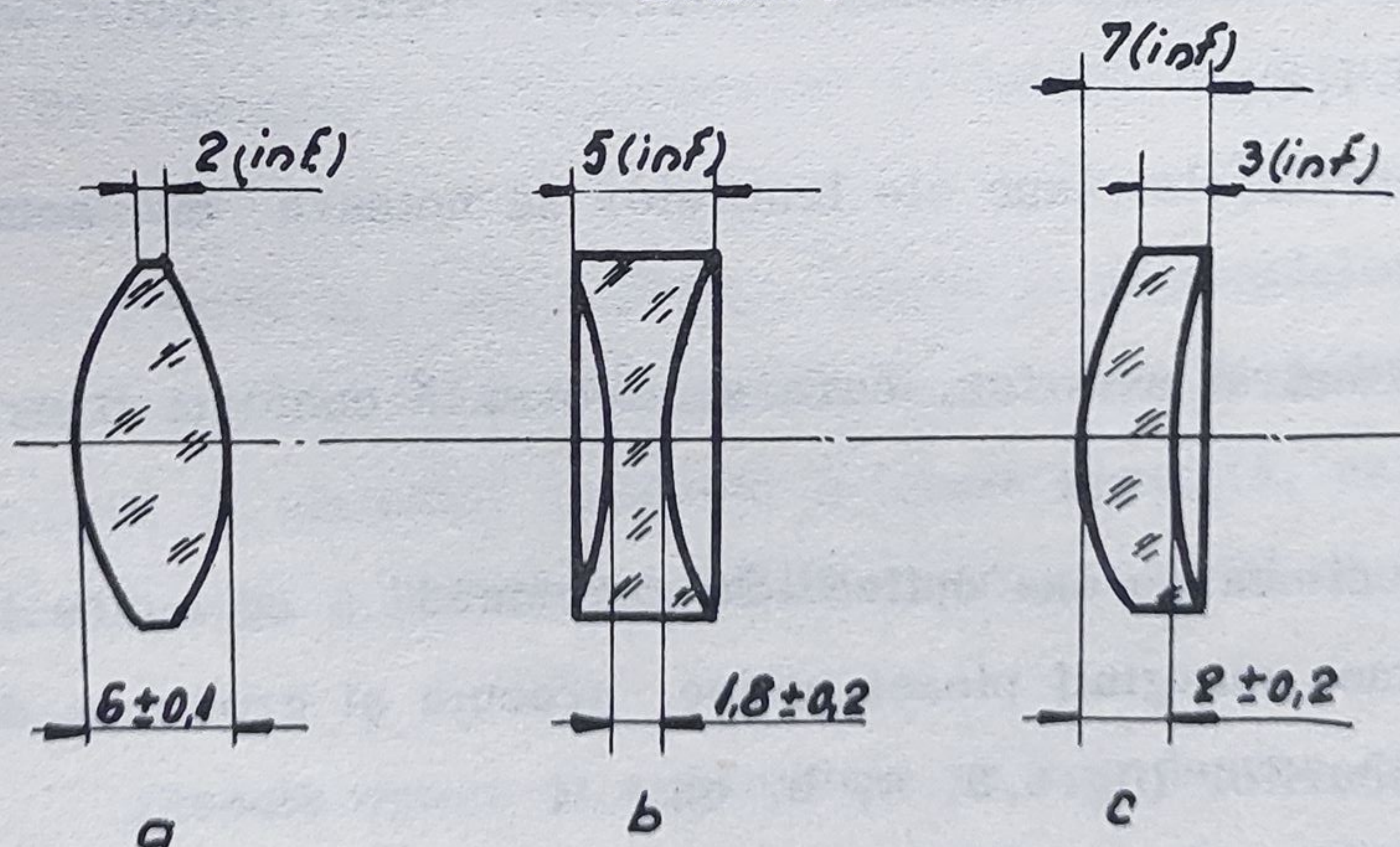




**Fig. 5.1. Notarea razelor de curbura ale lentilelor:**  
**a-convex-concavă; b-plan-cilindrică; c-torică.**



**Fig. 5.2. Cotarea diametrelor lentilelor:**  
**a-cu diametru util; b-cu două diametre utile.**



**Fig. 5.3. Cotarea grosimilor lentilelor:**  
**a-biconvexe; b-biconcave; c-menisco.**



Pe desenele prismelor, oglinzilor și sticlelor de protecție care nu au formă rotundă, se vor indica următoarele dimensiuni:

- dimensiunile liniare și unghiulare (cu toleranțe care determină forma piesei) (fig. 5.4);
- dimensiunile care determină poziția și lățimea fațetelor;
- dimensiunile zonelor utile ale suprafețelor piesei (se indică atunci când pentru zonele utile se prevede o clasă de rugozitate sau de acuratețe mai mare decât la celelalte zone). Zonele utile se vor indica cu o linie punctată.

Pe desenele pieselor lipite nu se indică dimensiuni: sînt obligatorii numai acele dimensiuni care trebuie să fie respectate la lipire, de exemplu cînd toleranța grosimii totale a pieselor lipite poate fi respectată numai prin alegerea prealabilă a lentilelor.

Pe desenele prismelor se indică dacă este cazul, cu litera A muchia principală (muchia care servește ca bază pentru măsurători).

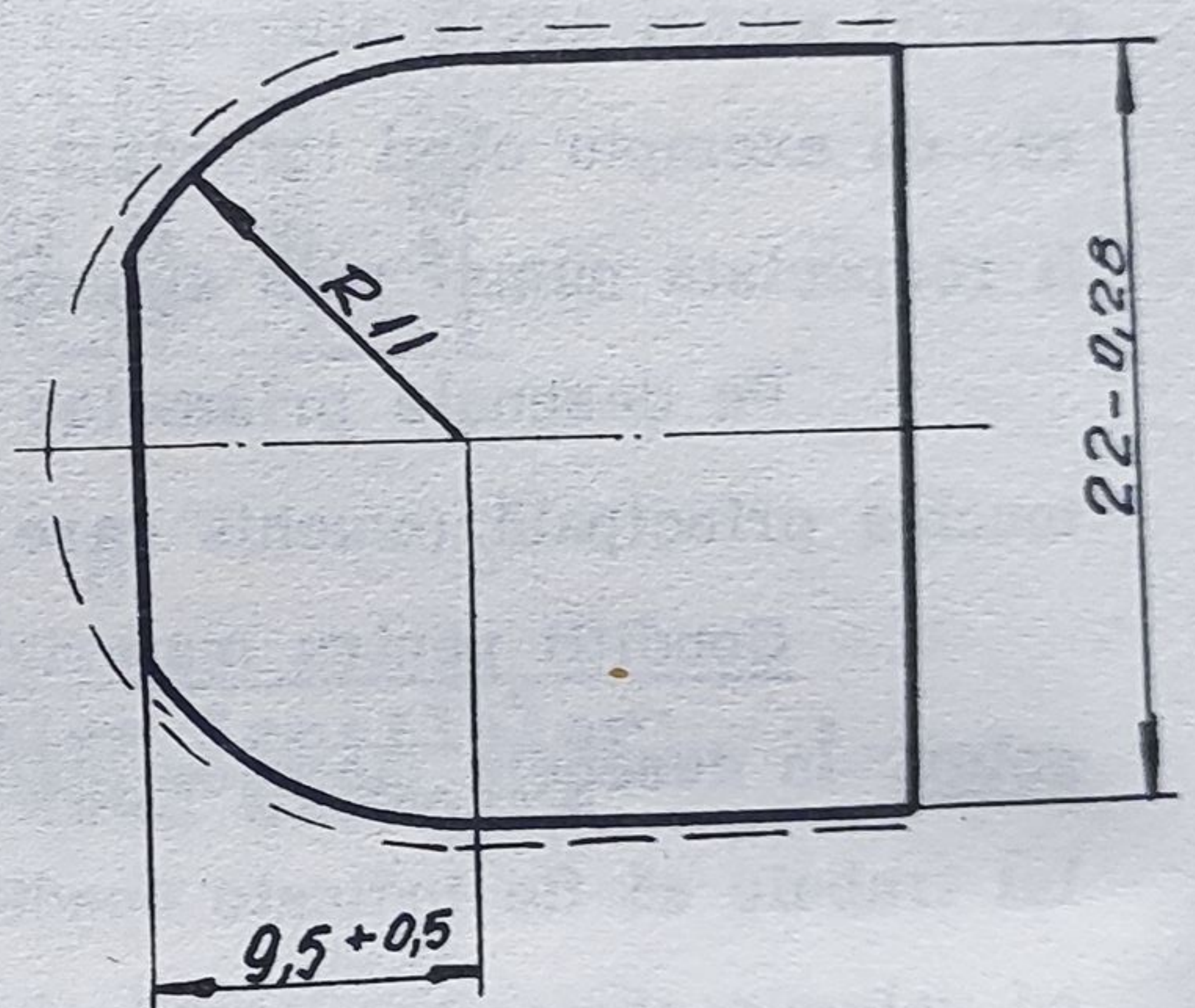
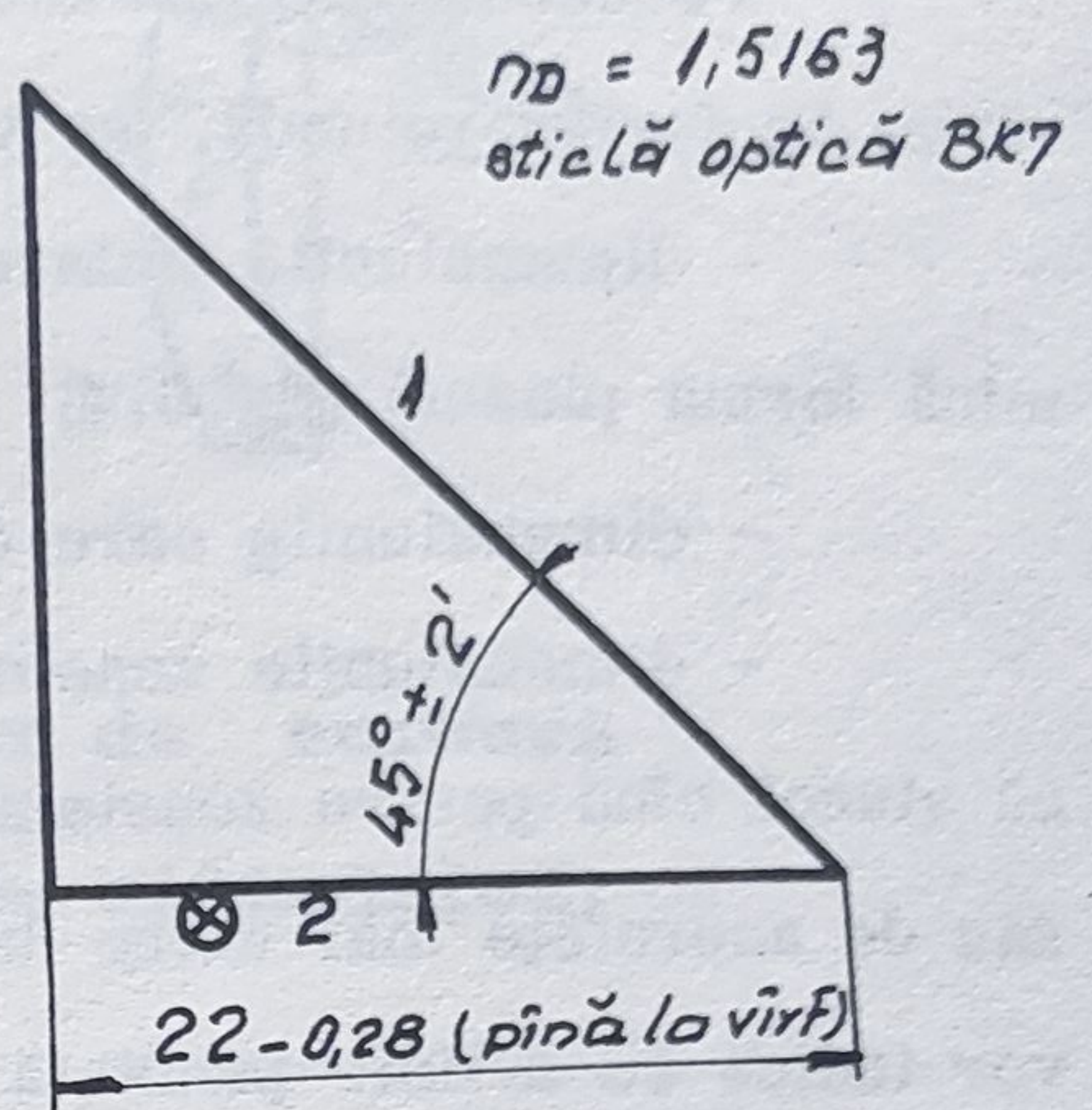
Condiții pentru material și pentru precizia de execuție a pieselor. În desenele pieselor optice, în afară de denumirea materialului trebuie să fie indicate condițiile tehnice pentru material. Se indică valorile abaterilor limită ale principalelor caracteristici optice. Aceste valori se introduc în tabela intitulată "Condiții pentru sticlă".

Pentru piesele din sticlă optică incoloră (fig. 5.5) se vor indica:

- abaterea limită la indicele de refracție  $\Delta n_D$ ;
- abaterea limită la dispersia medie  $\Delta(n_F - n_C)$ ;
- omogenitatea optică;
- birefringența;
- absorbția luminii;
- categoria și clasa, după lipsa de incluziuni filiforme transparente;
- categoria și clasa pentru bule.



Condiții pentru material	$\Delta n_D$	4v	
	$\Delta(n_F - n_C)$	4v	
	Omogenitate	2	
	Tensiuni	—	
	Absorbție	2	
	Dubla refracție	2	
	Striuri	1v	
	Bule	4v	
Condiții pentru piesă	$\pi$	2	
	$N_1$	0,5	
	$N_2$	1	
	$\Delta N_1$	0,2	
	$\Delta N_2$	0,2	
	Acuratete	cl. III	MI. 76
	$\theta$	10'	



- Tesit muchiile ascuțite 0,2-0,4 45°
- Vopsit E 902-1-P II 90 negru MI. 1105-68-
- Locurile indicate cu — — —
- ⊗ Tratament antireflex conf. 165 A<sub>0</sub>
- 4/4 punctul A.

Fig. 5.4. Desenul de execuție a unei prisme.



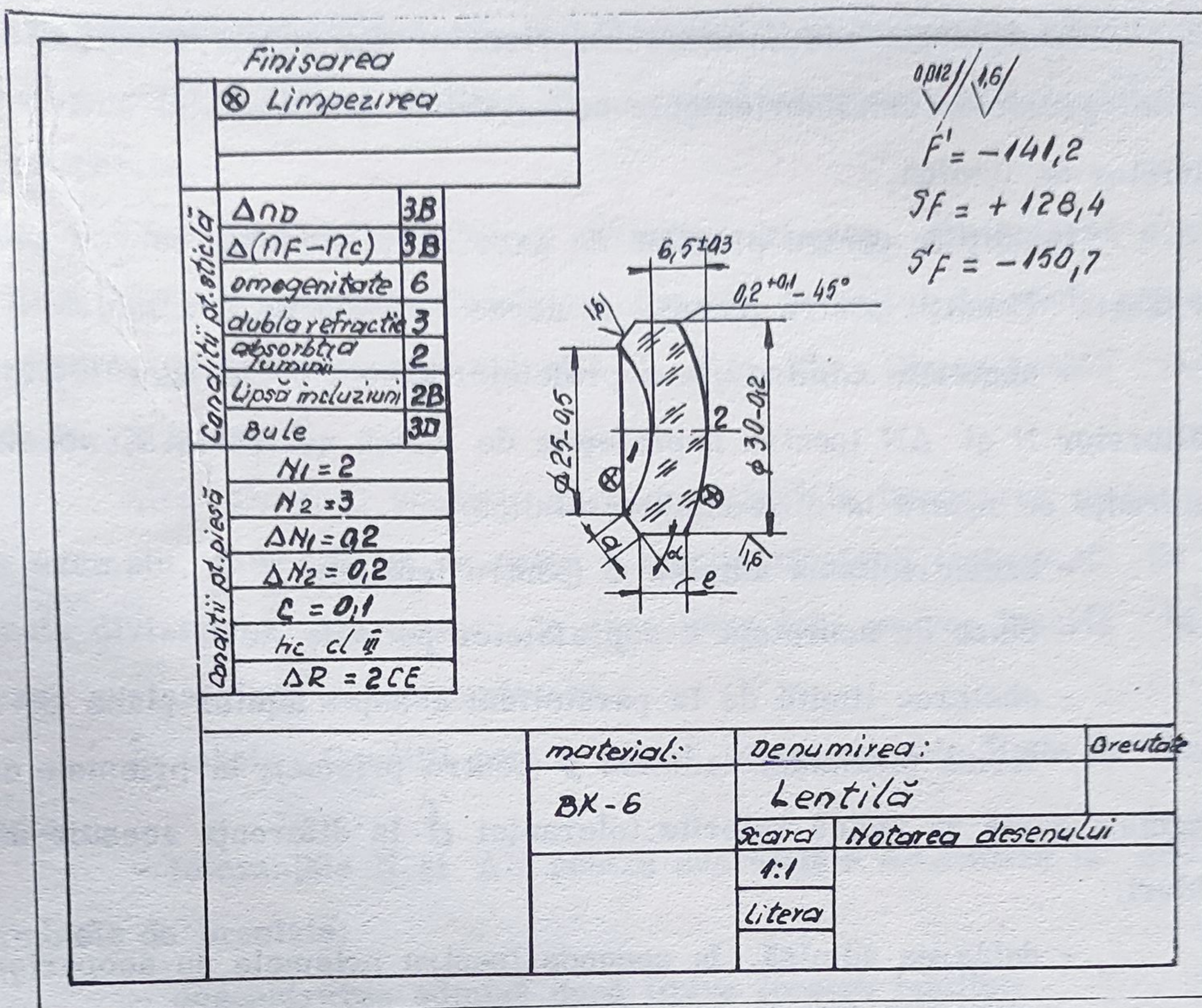


Fig.5.5. Desenul de execuție al unei lentile.

Pentru piesele din sticlă colorată cu limite normale de transmisie în spectrele galben, oranj și roșu, se vor indica, în afara condițiilor normale pentru piesele optice și următoarele caracte-

- intervalul spectral activ al filtrului de lumină  $\lambda_{tr}$ ;
- valoarea minimă sau valorile limită ale pantei curbei spectrofotometrice de absorbție  $K = f(\lambda)$ ;
- lungimea de undă nominală;
- valoarea maximă a coeficientului de absorbție  $\tau_{x0}$  pentru lungimea de undă.



În desenele semifabricatelor pieselor din aceste sticle, în afară de grosimea semifabricatelor se va indica și intervalul activ al filtrelor de lumină.

Condițiile pentru precizia de execuție a pieselor se vor nota în tabela "Condiții pentru piese". În această tabelă se vor indica:

- abaterile admise ale suprafețelor piesei de la suprafețele calibrelor  $N$  și  $\Delta N$  (pentru suprafețele de formă necirculară, aceste toleranțe se referă la dimensiunea minimă);
- excentricitatea admisă  $C$  (pentru lentile);
- clasa de acurateță a suprafețelor polisate  $Ac$ ;
- abaterea limită de la paralelism a suprafețelor plane  $\Theta$ ;
- forma piramidală admisă  $\mathcal{T}$  (pentru prisme); la prismele cu unghiuri egale se indică valorile toleranței  $\delta$  la diferența acestor unghiuri;
- dublarea admisă, în secunde (pentru prismele cu acoperiș);
- unghiul limită de separare  $\mathcal{O}$  (pentru prisme);
- distanța focală minimă  $f_{\min}$  a plăcilor și prismelor ca rezultat al sfericității suprafețelor (se indică numai dacă este cazul);
- clasa de precizie a calibrului etalon  $\Delta R$ .

În cazul indicării de toleranțe diferite la  $N$ ,  $\Delta N$  sau  $Ac$ , pentru diferite suprafețe ale aceleiași piese, toleranțele respective se trec în tabelă cu indicii 1, 2, 3 etc. Cu aceiași indici se vor nota și suprafețele corespunzătoare de pe desen.

Pentru piesele care nu se polisează, toleranțele  $N$  și  $\Delta N$  nu se indică.

În desenele pieselor care se mătuiesc, argintează, alumini-zează etc., se va indica notarea convențională de acoperire. Dacă acoperirea se aplică numai pe o porțiune a suprafeței piesei, atunci



se va menționa "După desen". Pe desen zona de acoperire trebuie să fie conturată cu punct și linie și cu indicarea semnului convențional de acoperire.

La desenele lentilelor și oglinzilor sferice, sub notarea convențională a rugozității suprafețelor, așezată în colțul drept de sus al desenului, se vor indica și valorile  $f'$ ,  $\bar{f}$  și  $F'$ . Dintre aceste valori se va tolera  $f'$ .

Alte indicații speciale care se referă la fabricarea piesei. De exemplu, indicația pe ce parte a semifabricatului trebuie să fie făcute diviziunile, sau metoda de execuție a lor, se vor înscrie în desen cu inscripții corespunzătoare.

În tabela „Condiții pentru piese” pentru piesele lipite se vor indica:

- toleranțele  $N$  și  $\Delta N$  pentru suprafețele exterioare la ansamblele de precizie;
- descentrarea admisă după lipire (pentru lentile);
- clasa de acurateță pentru suprafețele exterioare și pentru suprafețele de lipire;
- distanța focală minimă;
- dublarea admisă;
- limita de separare.

Abateri de dimensiuni și forme ale suprafețelor pieselor optice. Abaterile de dimensiuni și forme sînt puse în evidență cu ajutorul franjelor de interferență. Ca măsură a abaterilor de dimensiune, se ia numărul de franje, numărate pe diametru sau valoarea raportului  $h/H$ ,  $h$  măsurîndu-se la jumătatea imaginii (fig. 5.6).

Toleranța la rază se referă la întreaga întindere a suprafeței de controlat.



În desenele pieselor optice abaterile de dimensiune se definesc prin numărul maxim de franje  $N$ , iar abaterile de formă prin diferența  $\Delta N$ . Pentru franjele de formă circulară sau ovală  $N$  este numărul maxim de franje admise pe rază într-o anumită direcție, sau cel mai mare raport dintre săgeata curburii franjelor și pasul franjelor, în aceeași direcție.

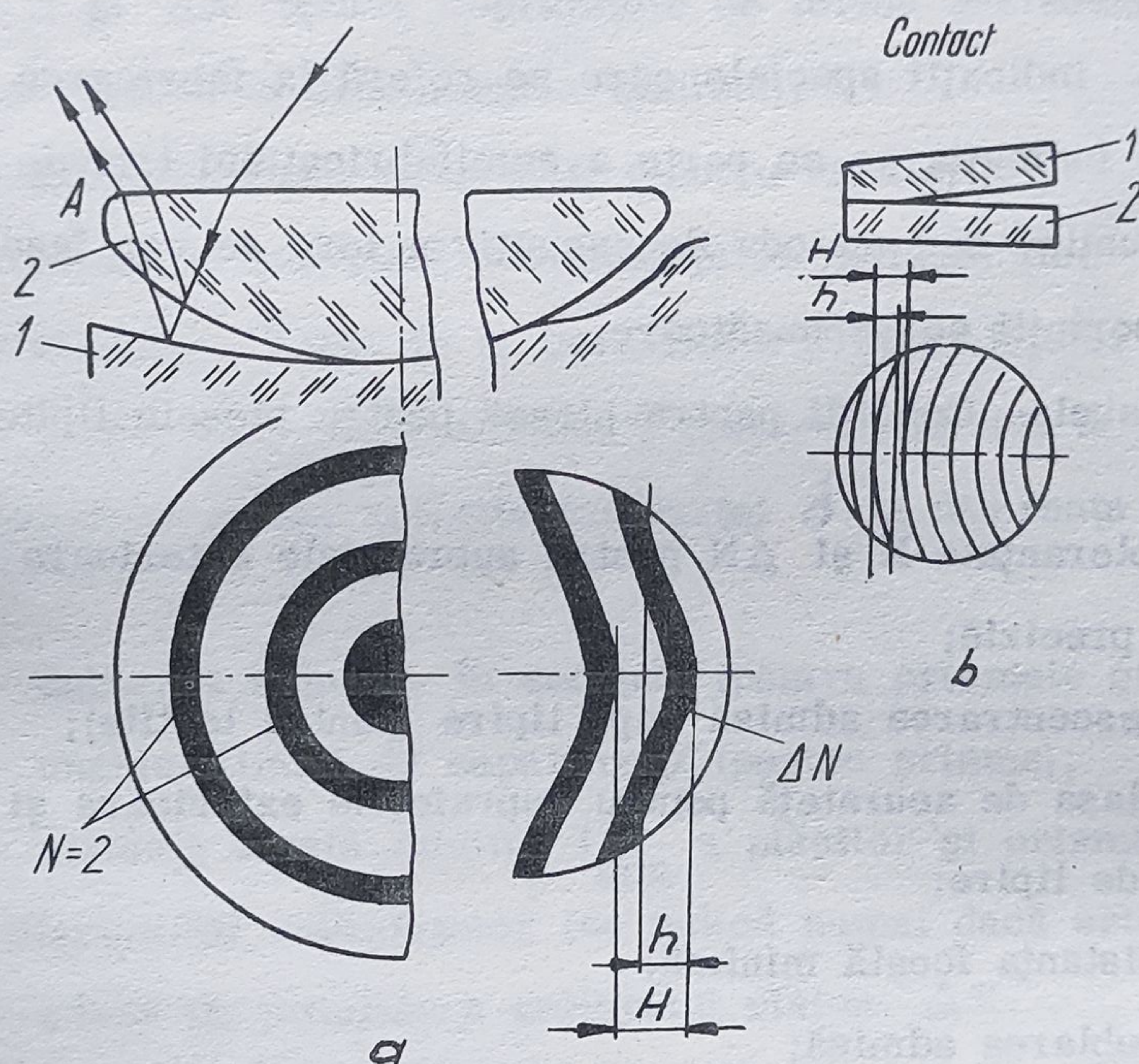


Fig. 5.6. Formarea inelelor de interferență:  
a- la lentile; b- la lame plan-paralele; 1- piesă; 2-calibru.

Numărul  $N$  este definit pentru abaterile limită de la forma prescrisă a suprafeței optice. Diferența  $\Delta N$  pentru abaterile de formă ce dau franje circulare este zero.

Pe desenele de execuție  $N$  și  $\Delta N$  se indică în tabelul „Condiții pentru piesă”.



#### 5.4. Toleranțe privind precizia de prelucrare a pieselor optice

Abaterile parametrilor constructivi ai pieselor (de exemplu, razele sferelor și grosimile lentilelor, unghiurile prismelor și pene-  
lor optice) de la valorile teoretice nominale, înrăutățesc calitățile  
sistemului optic al aparatului. Valorile acestor abateri ale indicilor  
aparatorilor la care nu este influențată o funcționare normală a lor,  
determină toleranțele la parametrii constructivi ai pieselor optice.

Abaterile limită ale parametrilor constructivi ai pieselor  
optice se determină după formulele de calcul tehnico-optic, ce lea-  
gă abaterea limită a indicilor calităților aparatului de abaterea li-  
mită a parametrului constructiv al piesei. Calculul toleranțelor es-  
te complicat, întrucât el depinde de o serie de factori. Totuși, pie-  
sele cu densități identice, folosite la sisteme optice având caracte-  
risticile optice de tipuri apropiate, se pot executa cu o aceeași  
precizie de prelucrare. Acest lucru permite ca la calculul unor  
sisteme noi să se stabilească toleranțele prin analogie cu cele adop-  
tate anterior.

5.4.1. Toleranțele privind precizia de prelucrare a supra-  
fețelor. Abaterea limită  $\delta$  a unei suprafețe plane nu trebuie să pro-  
voace aberații ondulatorii care să depășească valoarea  $\Delta$ :

$$\Delta_{\max} = \frac{\lambda}{4} = \frac{0,555}{4} = 0,138 \mu\text{m},$$

$\lambda = 0,555 \mu\text{m}$  fiind lungimea de undă a radiației cu cea mai mare  
influență asupra ochiului.

Mărimea  $\delta$  depinde de unghiurile de incidență și de refrac-  
ție ale frontului undei de lumină la trecerea sa prin suprafața pie-



sei, cum și de indicele său de refracție. În general  $\delta$  are valori de 2...4 ori mai mici decât valorile lui  $\lambda$ .

Calculul toleranțelor pentru raza de curbură la suprafețele sferice este mult mai complicat. O alegere orientativă a abaterilor limită ale suprafețelor pieselor optice se poate face după indicațiile din tabelul 5.1.

5.4.2. Toleranțele unghiurilor, piramiditatea prismelor și abaterea unghiulară a lamelor plan-paralele. Aceste toleranțe se determină în funcție de influența parametrilor respectivi asupra calității imaginii sau proprietății sistemului optic. La calculul toleranțelor se impune fie aberația totală (de exemplu, cromatismul), fie abaterile proprietăților sistemului (de exemplu, dedublarea imaginii, abaterea axei de vizare, neparalelismul axelor aparatelor binoculare etc.). Aceste mărimi se introduc în formulele ce exprimă relația dintre proprietățile sistemului și parametrii pieselor respective.

Toleranțele la unghiurile prismelor și lamelor variază în limite foarte largi, în funcție de destinația aparatului. Unghiurile și forma piramidală ale prismelor unor vizoare telescopice obișnuite cu un grosiment de 5...6 X, se mențin cu o precizie de 3...5 min. Abaterile limită ale unghiului acoperișului prisme sunt de 2...3 s. Abaterea unghiulară a oglinzilor vizoarelor telescopice cu un grosiment de 6 X, determinată ținându-se seama de dedublarea tolerată a imaginii, ajunge la 2...3 s.

5.4.3. Toleranțele la grosimea și descentrarea lentilelor. Aceste toleranțe se determină prin calculul sistemului optic la calitatea imaginii.

Toleranța la centrare se determină plecând de la aprecierea influenței sale asupra deplasării imaginii în planul focal al lentile-



Tabelul 5.1

Valori informative ale abaterilor limită pentru suprafețele active ale pieselor optice

Tipul de piesă	Tipul de aparat	Denumirea pieselor	Mărimea toleranței limită admisă, în inele sau benzi de interferență față de suprafața calibrului
Lentile	Aparate telescopice	Colectoare Sisteme redresoare Obiective Oculare	5–10 3–5 3–5 3–6
	Aparate fotografice și aparate de proiecție	Obiective	2–5
	Microscopice și aparate de laborator	Obiective Oculare	1–3 3–5
Lame plan-paralele	Aparate de vizare Aparate de control și reglare Calibre optice	Reticule Filtre de lumină Oglinzi Calibre plane	15–18 1–2 0,2–0,31 0,1–0,25
Prisme de reflexie	Aparate telescopice	Dioptrii de reflexie de precizie medie Dioptrii de refracție	1–2 2–4
	Aparate de control și reglare	Suprafețe de reflexie pentru prismele de precizie Suprafețele de reflexie ale prismelor cu acoperiș	0,1–0,25 0,2–0,4
Pene optice de precizie	Aparate de control și reglare	Suprafețele de reflexie ale prismei cu acoperiș	0,05–0,2

Tabelul 5.2

Toleranțe la grosime și la centrarea lentilelor

Tipul aparatului	Denumirea piesei	Toleranțe la grosime mm	Toleranțe la centrare mm
Aparate telescopice	Sisteme redresoare Obiective Oculare	0,2–0,3 0,1–0,3 0,1–0,3	0,02–0,1 0,01–0,05 0,01–0,1
Aparate foto și de proiecție	Lentile obiective	0,3–0,5	0,005–0,02
Microscopice și aparate de laborator	Obiective Oculare	0,01–0,05 0,1	0,003–0,005 0,01–0,05



lor. În tabelul 5.2 se dau valorile orientative ale toleranțelor la grosime și la descentrarea principalelor tipuri de lentile.

5.4.5. Toleranțele la diametrele lentilelor. Aceste toleranțe se determină, de obicei, prin modul fixării lor în monturi.

5.4.6. Toleranțele la fațetele lentilelor și prismelor. Fațetele de pe marginea lentilelor se execută pentru a le proteja de știrbituri și pentru a permite fixarea lentilelor prin sertizare la montaj. Fațetele lentilelor se caracterizează prin lățime și unghi. Lățimea fațetei depinde de destinația sa și de diametrul lentilei. Lățimea fațetelor de protecție variază între  $0,1^{+0,1}$  mm (pentru diametre sub 6 mm) și  $0,7^{+0,2}$  (pentru diametre până la 120 mm). Unghiul de înclinare al fațetei se determină după raportul dintre diametrul lentilei și raza de curbură a suprafeței. La suprafețele convexe unghiul fațetei variază între  $25^{\circ}$  și  $45^{\circ}$ , iar la suprafețele concave între  $45^{\circ}$  și  $90^{\circ}$ .

Fățetele de pe muchiile prismelor se execută pentru a proteja muchiile de știrbituri, pentru reducerea greutateii pieselor și pentru o fixare comodă a lor în montură. Mărimea fațetelor la unghiurile diedre este între  $0,1^{+0,2}$  mm (lungimea muchiei până la 6 mm) și  $1^{+0,5}$  mm (lungimea muchiei până la 75 mm). Mărimea fațetelor la unghiurile triedre variază între  $1^{+0,4}$  și  $2,5^{+0,5}$  mm.

5.4.7. Toleranțele la acuratețea suprafețelor prelucrate. Aceste toleranțe se indică prin clasa de acuratețe ce caracterizează numărul și dimensiunile defectelor mecanice admisibile ale suprafeței pieselor (puncte, zgîrieturi, știrbituri etc.) vizibile în condiții standardizate. Aceste condiții sînt determinate de grosimentul lupei cu care se face observația, felul iluminării (lumină transversală sau reflectată), intensitatea sursei de lumină, fondul pe care se controlează piesele etc.



În tabelul 5.3 se indică clasele de acuratețe.

În cazul clasei I de acuratețe defectele admise se stabilesc în funcție de distanța focală a sistemului optic posterior.

Tabelul 5.3

Clasele de acuratețe ale suprafețelor pieselor optice

Notare	Clasa de acura-tețe	Grad de acura-tețe	Distanța focală a sistemului posterior mm	Diametrul convențional al suprafeței $D_c$ , mm	Puncte admise				Distanța minimă între defecte
					Puncte		Rizuri		
					Diame-trul maxim mm	Număr maxim	Lățime mm	Lungimea totală maximă	
1—10 1—20 1—40	I I I	10 20 40	pînă la 15 15 ... 30 peste 30		0,004 0,01 0,015	9 9 9	0,002 0,004 0,008	Jumătate din diame-trul piesei	
	II			pînă la 0,5	0,05		0,004		0,5
	III			0,5 ... 1,5	0,1		0,005		1,5
	IV			1,5 ... 4,5	0,25		0,01		4,5
	V			4,5 ... 10	0,5		0,02		10
	VI			peste 10	1,3		0,05		25
	VII	Dimensiunile defectelor nu se standardizează							

Cînd suprafața conține numărul maxim de puncte, acestea trebuie să nu fie concentrate în același sfert al cîmpului vizual. Ca diametru al punctelor de formă ovală se consideră valoarea medie între dimensiunea maximă și minimă.

Suprafețele optice aflate în planul imaginilor reale trebuie să aibă clasa de acuratețe I.

În cazul claselor II-VII, de acuratețe, defectele admise se stabilesc în funcție de diametrul convențional al suprafeței.

Diametrul convențional se determină cu formula:



$$D_c = 2H_m \frac{D_o}{D_p},$$

În care:  $D_c$  este diametrul convențional, mm;

$H_m$  - înălțimea de incidență a razei marginale a fasciculului maxim coaxial cu suprafața rezultată din calculul sistemului optic, mm;

$D_p$  - diametrul pupilei de ieșire a sistemului, mm;

$D_o$  - diametrul convențional al pupilei de ieșire, mm.

## Capitolul 6

### BAZELE TEHNOLOGIEI DE FABRICAȚIE A PIESELOR OPTICE

#### 6.1. Operațiile specifice prelucrării pieselor optice.

Procesul tehnologic de prelucrare a pieselor optice din blocuri de sticlă și din piese presate cuprinde, în general, următoarele operații: pregătirea pieselor optice, șlefuirea, polisarea, centrarea, debordarea și fațetarea, argintarea și aluminarea, lipirea, acoperirea suprafețelor optice.

În prelucrarea pieselor optice intră de asemenea, ca operații secundare, fabricarea sculelor și decantarea abrazivului.

Pregătirea pieselor optice are ca scop tăierea blocurilor de sticlă brută în bucăți la dimensiunea necesară, și eboșarea lor cu abrazivi, la o formă apropiată de piesa finită. Piese presate de sticlă nu mai necesită operații pregătitoare, fiind trecute direct la operații de șlefuire.



Șlefuirea este operația prin care se obțin piese cu dimensiunile prevăzute în desenele de execuție. Șlefuirea se execută cu materiale abrazive pe mașini speciale.

Polisarea este operația prin care se obțin suprafețele lucioase transparente ale pieselor optice. Această operație se execută cu materiale de polisat.

o.1.1. Prelucrarea preliminară a pieselor optice. Prelucrarea preliminară constă în pregătirea semifabricatului inițial pentru prelucrările ulterioare care sînt mai precise. În cadrul acestor operații semifabricatele capătă forma pieselor viitoare (fig. 6.1).

Pentru fabricarea lentilelor din plăci, se execută următoarele operații tipice. La început se taie placa în bucăți apropiate ca dimensiuni și formă de dimensiunile pieselor finite. În continuare, se taie marginile plăcilor și se lipesc în coloane. Coloanele se rotunjesc cu abrazivi liberi sau prin frezare. După dezlipirea coloanelor, se obțin semifabricate cilindrice. Semifabricate cilindrice se pot obține și prin decupare, sau prin găurirea plăcii. Prelucrarea de degroșare a suprafețelor sferice ale lentilei se execută de obicei cu abrazivi liberi, bucată cu bucată.

Pentru fabricarea prismelor se execută următoarele operații. Se taie plăcile la dimensiunile prismelor, se lipesc în coloane, după care se șlefuiesc cu abrazivi liberi sau se frezează pînă la obținerea dimensiunilor liniare și unghiulare necesare.

După dezlipirea coloanelor, semifabricatele se prelucrează cu abrazivi liberi, de obicei bucată cu bucată.

În cazul lentilelor sau prismelor mari, semifabricatele se prelucrează individual din bucăți mari de sticlă. Bucata se taie cu ferăstrăul la o dimensiune aproximativă. Pentru a obține o grosime con-



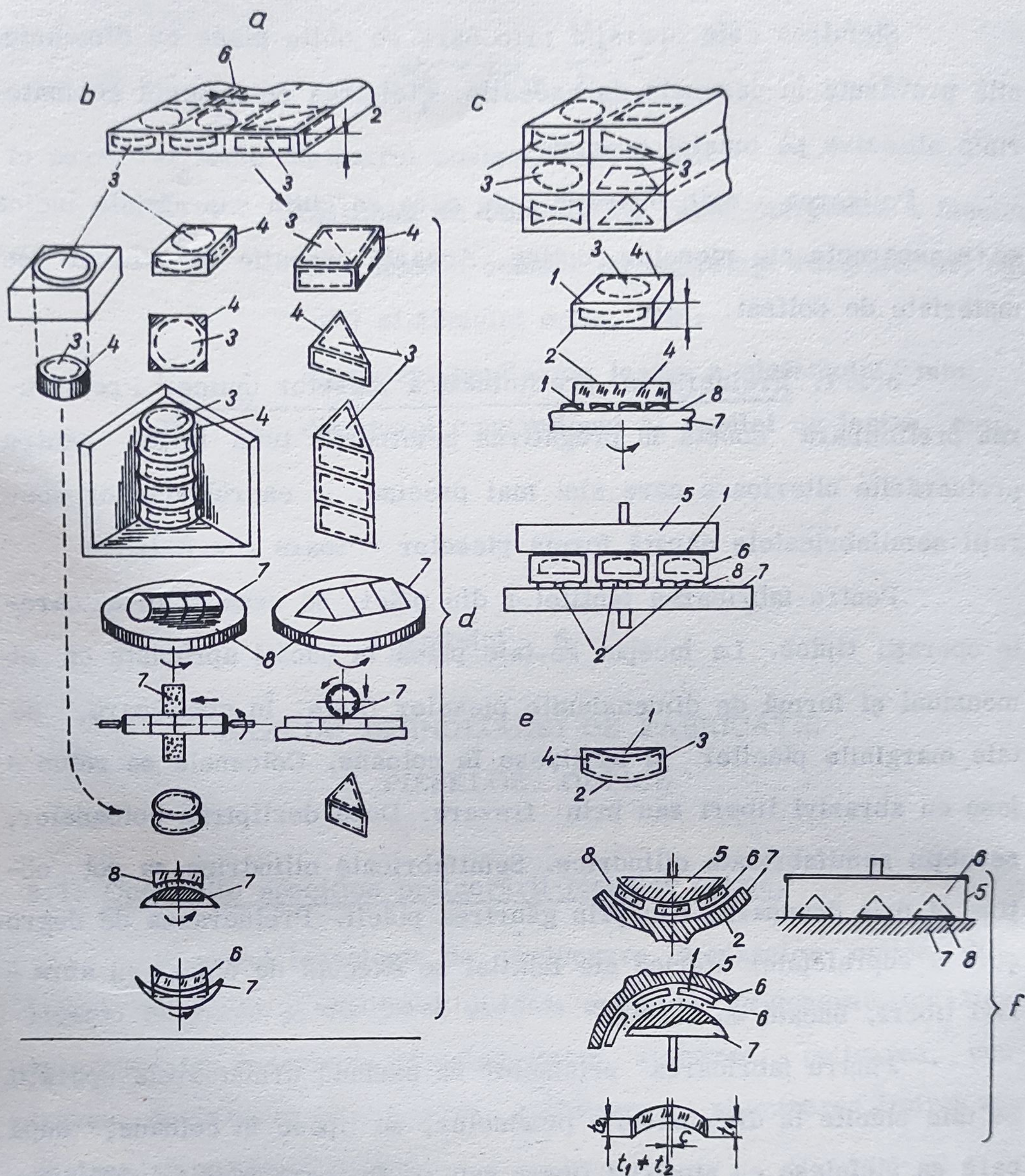


Fig. 6.1. Schema de fabricație a pieselor optice tipice din diverse semifabricate: 1, 2- suprafețele semifabricatului; 3- piese; 4- semifabricatul inițial; 5- dispozitivul pentru fixarea semifabricatului; 6- semifabricatul prelucrat; 7- scula; 8- materialul abraziv, sau de polisat; a- schema; b- placă; c- bloc; d- prelucrarea preliminară; e- presare; f- prelucrare de finisare.



stantă a plăcilor, ele se degroșează pe două fețe paralele. De obicei prima față se prelucurează cu abrazivi liberi, bucată cu bucată, în continuare plăcile lipindu-se în coloane.

6.1.2. Prelucrarea finală a pieselor optice. Prelucrarea finală de precizie începe de obicei, după blocarea semifabricatelor pe dispozitive. Fețele semifabricatelor se șlefuiesc și se polisează până la obținerea dimensiunilor necesare, cum și a calității finale a suprafeței. După prelucrarea unei suprafețe, semifabricatele se scot de pe dispozitiv (deblocare) și se prelucurează celelalte fețe ale piesei.

După polisare, lentilele se centrează.

Executarea pieselor din semifabricate presate, este metoda cea mai economică, semifabricatele putându-se prelucra imediat după presare, eliminând operațiile de prelucrare preliminară.

## 6.2. Materiale abrazive de șlefuit și polisat

Materialele abrazive sînt granule de o anumită compoziție chimică cu mărimi și structuri cristaline diferite.

Principalele proprietăți ale materialelor abrazive sînt: duritatea, rezistența și dimensiunile granulelor, valoarea constantă a compoziției granulometrice a pulberilor, cum și proprietatea lor de a avea muchii ascuțite la fărîmițare.

Materialele abrazive pot fi naturale și artificiale.

6.2.1. Materiale abrazive naturale. Materialele abrazive naturale, au o duritate relativ redusă, o compoziție neomogenă, și sînt de obicei impurificate. În afară de aceasta, rezervele din natură, nu satisfac cerințele industriei. Cu toate acestea, ele se folosesc destul de mult în prelucrarea pieselor optice, în special diamantul, corundul, pulberea de emerî (șmirghel) și nisipul de cuarț.



Diamantul este un mineral cu structură cristalină (carbon pur). Cristalele de formă obișnuită sînt mate, rugoase și fragile, avînd în-să o duritate deosebită (10 pe scara Mohs).

Greutatea specifică a diamantului este de 3,4...3,6. Diamantul nu este atacat de acizi și baze.

Diamantul se folosește pentru tăiere, tăierea cu ferăstrăul circular, frezarea și găurirea sticlei, cum și pentru operații de gravare și pentru rectificarea discurilor abrazive.

Pentru tăierea și găurirea sticlei, se folosește diamantul fixat în monturi. Pentru celelalte operații se folosește pulbere de diamant.

Diamantul este scump, de aceea în industrie se caută înlocuirea lui cu alte materiale abrazive mai ieftine.

Corundul este o alumină cristalină ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Duritatea lui este de 9 (Mohs). Greutatea sa specifică este de 3,9-4  $\text{gf/cm}^3$ .

Sortimentele industriale de corund sînt colorate în galben, roșu și cenușiu-negru.

Pulberile de corund se folosesc pentru șlefuirea sticlei și pentru confecționarea discurilor de șlefuit, cu utilizarea unui liant.

Emeriul este o variantă de corund cu granulația mai fină, conținînd pînă la 65% oxizi de aluminiu în amestec cu combinații de fier și siliciu. Greutatea lui specifică este de 4-6  $\text{gf/cm}^3$ . Se folosește pentru șlefuirea sticlei.

Nisipul de cuarț ( $\text{SiO}_2$ ) este unul dintre cele mai răspîndite minerale din natură. Duritatea sa este 7, iar greutatea specifică 2,6  $\text{gf/cm}^3$ . Este o rocă minerală fragilă, formată din granule cu dimensiuni de 1...2 mm de diferite forme. Se utilizează pentru șlefuirea sticlei.



6.2.2. Materiale abrazive artificiale. Cele mai folosite materiale abrazive artificiale, sînt carbura de siliciu (carborund) și electrocorundul.

Carbura de siliciu (SiC) este o combinație chimică de carbon și siliciu, obținută prin încălzirea unui amestec de nisip de cuarț, cu cărbune la temperatura de circa  $2\,000^{\circ}\text{C}$ . Greutatea specifică a carborundului este de  $3,1 \dots 3,4 \text{ gf/cm}^3$ . Carborundul are culoarea verde-închis.

Duritatea carborundului este de  $9,5 \dots 9,75$ . Granulele de carborund nu sînt tenace, dar sînt foarte productive la prelucrarea sticlei optice.

Carborundul se folosește sub formă de prafuri pentru prelucrarea de degroșare cum și pentru confecționarea discurilor abrazive (cu liant).

Electrocorundul ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) este o alumină cristalină obținută prin topirea electrică a bauxitei împreună cu carbonul (cărbune) la temperaturi de circa  $2\,000^{\circ}\text{C}$ . Datorită conținutului ridicat în alumină (99,5%) electrocorundul este imediat în urma carburii de siliciu în ceea ce privește duritatea. Greutatea specifică a electrocorundului este de  $3,2 \dots 4 \text{ gf/cm}^3$ . Sorturile superioare de electrocorund sînt albe, iar sorturile de calitate inferioară, sînt colorate în roz, cenușiu sau negru. Electrocorundul este mai tenace decît carborundul. El se folosește sub formă de prafuri de șlefuit, cu diferite granulații, pentru toate tipurile de șlefuire (de la șlefuirea brută, pînă la șlefuirea foarte fină). Din electrocorund se confecționează și discuri abrazive.

6.2.3. Proprietățile materialelor abrazive. În timpul prelucrării, materialele abrazive se transformă în granule de diferite di-



menșiuni (așchii). Așchiile de material abraziv, cu dimensiunile maxime sub 5 mm și raportul dintre dimensiunea maximă și cea minimă sub 3 : 1 se numesc granule abrazive. Pentru granulele cu lungimea mai mare de 40  $\mu\text{m}$ , caracteristica dimensională o formează lungimea; pentru granulele sub 40  $\mu\text{m}$ , dimensiunea determinată este semisuma lungimii și lățimii lor. Grupa de granule ale căror diametre sînt limitate de anumite dimensiuni, se numește fracție abrazivă.

După dimensiunile granulelor, materialele abrazive se clasifică în următoarele grupe: granule de șlefuit, pulberi de șlefuit și micropulberi (tabelul 6.1).

Tabelul 6.1

Clasificarea pulberilor abrazive după mărimea granulelor

Grupa	Destinația	Notatii					Dimensiuni, $\mu\text{m}$	
		STAS 1753-60	Site (țoli)	Decantare min	GOST 3647-59	Standard englez	max	min
Granule	Degro- șare	20 16	70 80	— —	20 16	— —	250 200	200 160
		12 10	100 120	15'' 30''	12 10	— —	160 125	125 100
Pulberi	Șlefuire brută	8	150	1	8	—	100	80
		6	180	2	6	—	80	63
		5	230	5	5	—	63	50
		4	280	—	4	—	50	40
		—	320	10	3	—	40	28
Micro- pulberi	Șlefuire medie și fină	M40	320	10	M40	—	—	—
		M28	400	15	M28	302	—	—
		M20	500	30	M20	302 1/2	—	—
		M14	600	60	M14	303	—	—
		M10	700	120	M10	303 1/2	—	—
		M7	800	240	M7	—	—	—
		M5	900	480	M5	—	—	—

Toate grupele de materiale abrazive se marchează cu cifre convenționale, în funcție de granulație. Fiecare număr de pulbere abrazivă este formată din cîteva fracții, care determină compoziția



granulometrică a abrazivului. Frația conținută în cantitatea cea mai mare se numește fracție de bază și caracterizează numărul granulației abrazive (la exemplu M 10).

Cu cât dimensiunile granulelor sînt mai apropiate de dimensiunile fracției de bază, cu atît materialul abraziv este mai omogen, asigurînd o productivitate mai mare și o bună calitate a suprafețelor. În figura 6.2 sînt reprezentate curbele compoziției granulometrice a trei pulberi abrazive: curba a, cu un maxim bine conturat, corespunde abrazivului cel mai omogen. Calitatea suprafeței prelucrate este influențată nefavorabil de granulele cu dimensiuni mari, care provoacă zgîrieturi, adîncituri, puncte și alte defecte de suprafață.

Capacitatea de șlefuire a pulberii abrazive este determinată de productivitate, adică de cantitatea de strat de sticlă scoasă în anumite condiții de prelucrare. Aceste condiții sînt: dimensiunile eșantionului și ale sculei, viteza lor de rotație, presiunea pe sculă, consumul de material abraziv, etc.

La o dimensiune constantă a granulelor abrazive, capacitatea de șlefuire depinde de duritatea abrazivului, și se exprimă prin șlefuirea specifică (cantitatea de sticlă îndepărtată ce revine la un gram de praf abraziv).

Calitățile abrazive ale pulberilor de corund, în funcție de dimensiunea granulelor, se caracterizează prin capacitatea relativă de

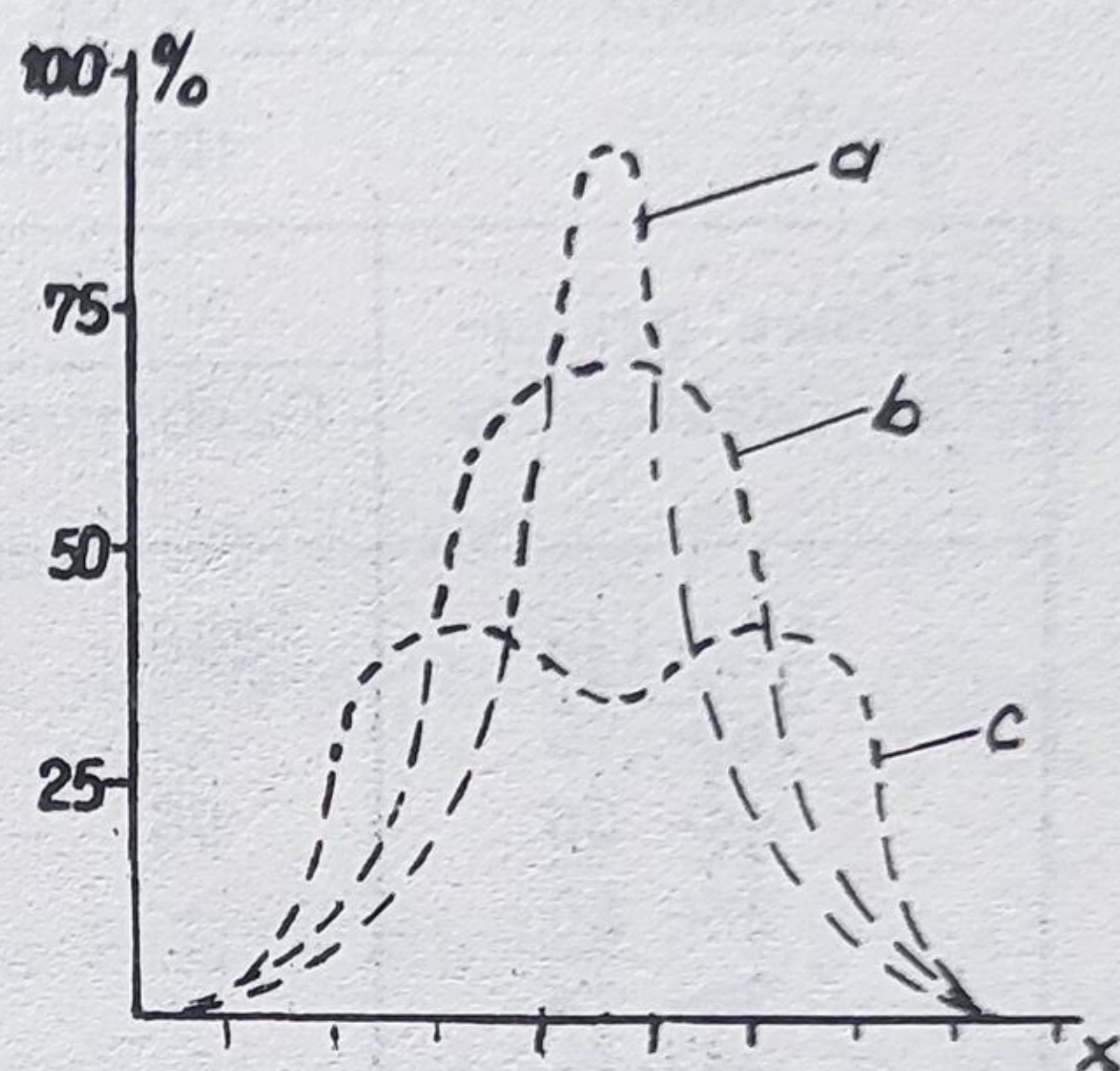


Fig. 6.2. Curbele de compoziție granulometrică a diferitelor pulberi abrazive :  $x$  - dimensiunea fracțiilor; a - abraziv foarte bun; b - abraziv pe deplin satisfăcător; c - abraziv nesatisfăcător.



șlefuire. Ea reprezintă raportul dintre viteza de șlefuire a fracției respective, în comparație cu viteza de șlefuire a unei fracții oarecare. În tabelul 6.2 se indică capacitatea relativă de șlefuire a câtorva materiale abrazive.

Tabelul 6.2.

Capacitatea relativă de șlefuire a unor pulberi abrazive  
(presiunea  $1,8 \text{ N/cm}^2$ )

Mărimea granulelor de abraziv	Slefuirea sticlei de oglindă, g/h			
	Carborund	Electrocorund	Emeri	Nisip de cuarț
177-149	228	170	-	-
100- 75	-	-	130	55
44- 35	96	62	-	-
28- 20	-	-	53	16
20- 14	-	-	34	10
14- 10	-	-	25	6
10- 7	-	-	10	6

După cum se vede, abrazivul cel mai activ este carborundul, iar cel mai puțin activ nisipul de cuarț.

Rezistența granulelor abrazive se caracterizează prin capacitatea lor de a-și menține dimensiunea în timpul prelucrării sticlei. Cu cât granulele de abraziv sînt mai rezistente, cu atît ele au o durată de folosire mai lungă și cu atît ele pot transmite o presiune mai mare a sculei de șlefuit pe sticlă, contribuind la creșterea productivității.

Pregătirea abrazivelor. Pregătirea abrazivelor constă în fărîmîțarea, curățirea de impurități și sortarea lor prealabilă după mărimea granulelor. Sfărîmarea și fărîmîțarea abrazivelor se fac în valțuri sau în mori cu bile, iar sortarea brută pe site vibratoare.



Pentru îndepărtarea impurităților, de exemplu a fierului, abrazivele se spală în instalații speciale folosind procedee chimice, sau se sortează magnetic.

Materialele abrazive se sortează după dimensiunile granulelor. În industria optică se folosește de obicei sortarea prin depunere în apă.

Sortarea se face prin depunerea în apă liniștită sau în apă, străbătută de curenți orizontali sau ascendenți.

Sortarea pulberilor prin depunere în apă liniștită, se face în vase cilindrice. Metoda se bazează pe faptul că granulele abrazive cu o aceeași densitate, dar de dimensiuni diferite, se depun în apă pe fundul vasului cu viteze diferite.

La o anumită înălțime a coloanei de apă din vas  $H$ , timpul necesar pentru coborîrea pe fund a granulelor abrazive aflate în suspensie, se determină cu formula:

$$t = \frac{H}{v} \text{ (min) .}$$

Timpul de decantare a granulelor este invers proporțional cu dimensiunile lor.

Pentru decantare, pulberea abrazivă se toarnă în vasul cu apă, se agită și se îndepărtează spuma de la suprafața vasului. Amestecul se agită în continuare și se lasă să se decanteze granulele cele mai mari. Amestecul de apă cu fracțiunile mai mici - nedecantate - se scurge cu ajutorul unui sifon în alt vas, unde are loc decantarea fracțiunii următoare. Această metodă nu este productivă, deoarece cantitățile sortate sînt relativ mici, iar timpul de sortare este îndelungat.



Sortarea pulberilor în curent ascendent de lichid se face în conuri cu acțiune periodică, sortarea fiind continuă. Metoda se bazează pe faptul că granulele cu o aceeași densitate, dar de diametre diferite, sînt scoase afară din vas cu viteză diferită de către curentul ascendent de apă (fig. 6.3).

Abrazivul de sortat 1, se toarnă în partea conică 2 într-o cantitate care să nu depășească o treime din volum. În con se intro-

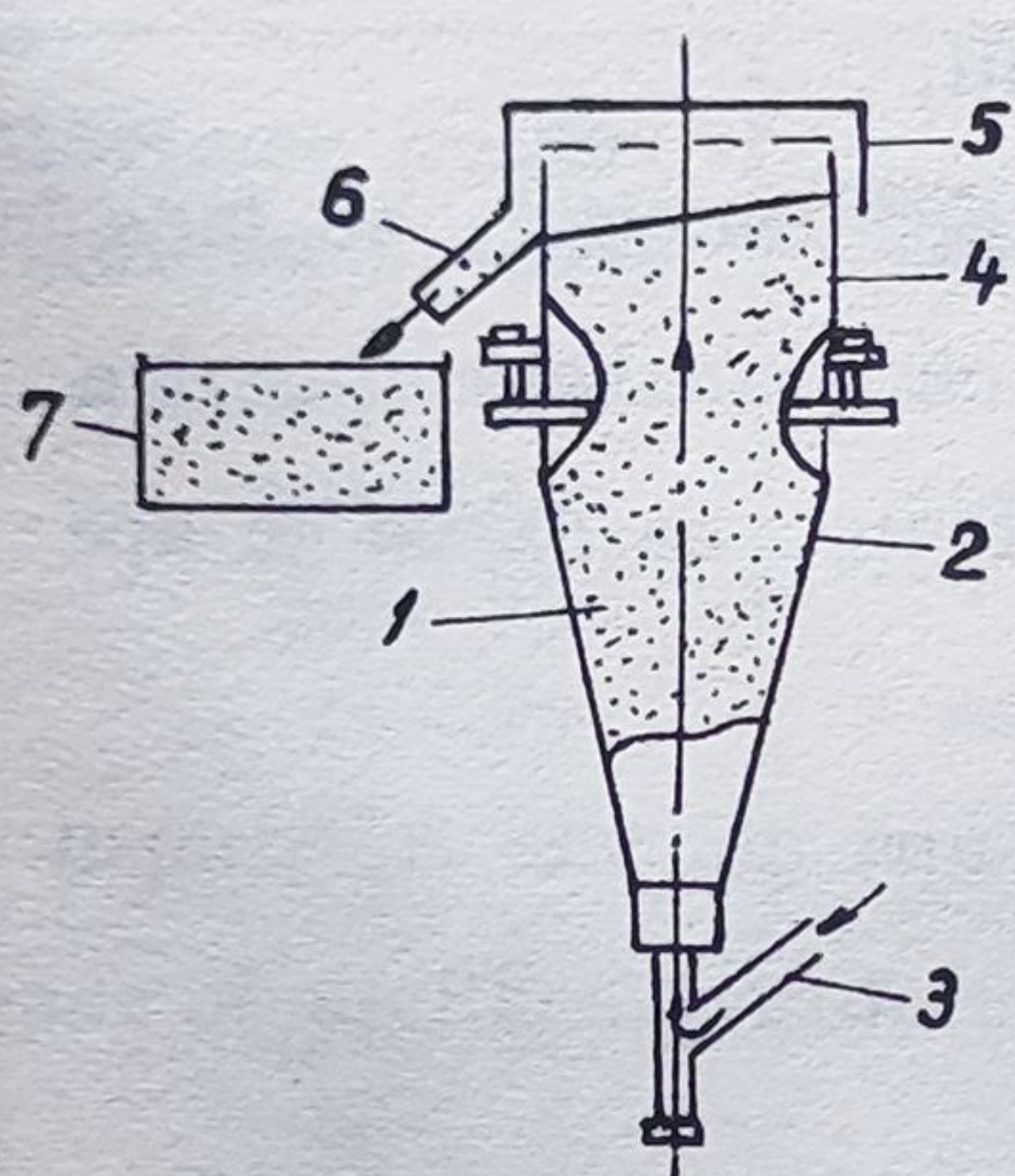


Fig. 6.3. Schema instalației pentru sortarea pulberii abrazive într-un curent ascendent de lichid.

duce apă prin țeava 3. Apa antrenează cu o viteză constantă granulele din con a căror viteză de decantare este mai mică decît viteza curentului ascendent din partea cilindrică 4 a conului. Pe marginea părții cilindrice a conului, apa se poate scurge prin jgheburile 5 și 6 spre decantorul 7. La început apa se debitează cu viteză minimă, apoi viteza se mărește, din con îndepărtîndu-se la început particulele mai fine și apoi particulele mai mari.

Pentru antrenarea completă a abrazivului în con, prin el trebuie să treacă o cantitate de apă de aproximativ 15...20 volume ale conului.

Sortarea cu site se face prin trecerea materialului abraziv printr-o serie de site cu dimensiunile găurilor din ce în ce mai mici. Legea de variație a dimensiunilor găurilor sitelor se exprimă prin modulul sitei, concretizat prin raportul dintre dimensiunea sitelor alăturate.



Verificarea compoziției granulometrice a materialelor abrazive se face prin următoarele metode: cu site, microscopic și cu metode combinate.

Verificarea cu site se folosește pentru abrazive cu granulația între nr.10 și nr.220. Verificarea se face cu ajutorul unui set de site vibratoare. Sitele cu găuri de diferite mărimi, se așază una peste cealaltă și se introduc în mașina vibratoare. Pe sita superioară se pun 50 g de abraziv și se execută cernerea într-un anumit interval de timp. Frațiunile obținute pe site se cântăresc cu o precizie de 0,1 g, rezultând compoziția granulometrică a abrazivului. Metoda microscopică de analiză se bazează pe observarea abrazivului la un microscop echipat cu un ocular micrometric.

Cu ajutorul ocularului micrometric, se măsoară dimensiunile liniare maxime și minime ale granulelor și se calculează valoarea medie a diagonalei granulelor fracțiunilor.

Metoda combinată se aplică în două etape: fracțiunile cu dimensiunile granulelor până la 42  $\mu$ m se cern pe site, iar cele mici se determină prin metoda microscopică.

Regenerarea abrazivelor. În urma diferitelor operații de prelucrare, granulele abrazive, cu toate că se fărâmițează, totuși nu-și pierd calitățile de lucru. La prelucrarea sticlei, granulele se impurifică cu aşchii din sticla prelucrată, cu metalul sculei de şlefuit, cu grăsimi și cu alte impurități organice. Ansamblul proceselor de curățire și clasificarea abrazivelor utilizate se numește regenerare.

Deșeurile de metal și substanțele organice se îndepărtează prin cernerea abrazivului printr-o sită și tratarea cu acizi. Separarea granulelor de aşchiile de sticlă se face cu ajutorul acidului fluorhidric care descompune sticla. Totuși, toxicitatea acidului fluorhidric și prețul de cost ridicat nu permit folosirea industrială a



acestei metode. După cernerea abrazivelor, deșeurile se tratează cu acid clorhidric sau sulfuric concentrat, utilizându-se în acest scop bu-toaie. După atacare, abrazivul se spală de câteva ori cu apă. Expe-riența a arătat că prezența în abrazivul regenerata unui conținut de sticlă șlefuită (în proporție mai mică de 50%), nu are o influență dău-nătoare asupra calității abrazivului.

Pulberi de polisat. Materialul de polisat cel mai răspândit este oxidul roșu de fier. Se mai folosesc oxizii unor elemente rare, cum ar fi ceriul și toriul. În afară de acestea se mai folosesc ma-teriale care reprezintă amestecuri de diferiți oxizi de pământuri rare și combinații formate din calciu, bariu, fier și alte elemente.

Materialele de polisat cu o anumită compoziție granulometri-că (dimensiunea optimă a granulelor este de  $0,8 \dots 1,4 \mu\text{m}$ ), cu o du-ritate de circa  $6 \dots 7$ , au o capacitate mare de lustruire. Granulele trebuie să fie de formă lamelară și să formeze la fărâmițare așchii cu colțuri ascuțite.

Pulberile de polisat trebuie să adere bine pe suprafața dis-positivului de polisat, să nu zgârie sticla și să nu provoace pete.

Oxidul roșu de fier ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) este o substanță cristalină. Com-poziția chimică a oxidului roșu de fier este următoarea: minimum 96%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , maximum 1,5% substanțe insolubile în HCl, maximum 1%  $\text{SiO}_2$ , maximum 1% pierderi la calcinare; oxidul are culoarea roșie de diferite nuanțe.

În procesul de fabricație a oxidului roșu de fier se formează aglomerate cu dimensiuni între  $5 \dots 28 \mu\text{m}$ , formate din granule izola-te lipite între ele, avînd mărimi între  $0,1 \dots 1,5 \mu\text{m}$ .

Cea mai mare răspîndire o au următoarele substanțe: oxalat de fier ( $\text{Fe}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ), carbonat de fier ( $\text{FeCO}_3$ ) și sulfat de fier



( $\text{Fe}_2\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ). Prima substanță se folosește pentru polisarea brută, iar celelalte pentru polisarea fină.

Productivitatea prafurilor de poliat. Productivitatea prafurilor de poliat se caracterizează prin capacitatea lor de poliare, exprimată prin greutatea (în mg) de sticlă îndepărtată la polisarea în condiții standard.

Tabelul 6.3

Capacitatea de poliare a pulberilor de poliat

Denumirea pulberii de poliat	Capacitatea de poliare, mg sticlă îndepărtată în 30 minute de poliare
Oxid roșu de fier	18...20
Barnesit	30...35
Polirit	35...40
Oxid de toriu	35...40

Creșterea productivității de poliare este favorizată de menținerea constantă

a compoziției granulometrice și în special de mărimea dimensiunilor granulelor de oxid. Productivitatea de poliare depinde de regimul de temperatură de la calcinarea oxidului roșu de fier (temperatura, viteza sa de creștere și durata de menținere) și se înrăutățește la creșterea procentului de impurități. Temperatura optimă de calcinare la care se obține un oxid cu capacitate de poliare maximă este de circa  $700...800^{\circ}\text{C}$ . Oxidul roșu de fier, calcinat la această temperatură, are o culoare vișinie închisă și o mare dispersie.

Granulele de oxid roșu de fier sînt puțin fragile. De aceea la poliare nu se produce o fărîmîtare a granulelor, ci o uzură și o teșire a lor. Prin aceasta se explică reducerea productivității în procesul de poliare.

Alte feluri de pulberi de poliat. Pentru poliare se mai folosește un amestec de oxizi de pămînturi rare, de exemplu oxid de ce-



riu cu adaos de oxizi de pământuri rare și oxizi de bariu. În tabelul 6.3 se indică, pentru câteva pulberi abrazive, capacitățile de polisare.

### 6.3. Scule și dispozitive pentru prelucrarea sticlei

După cum s-a arătat, sticla este dură și fragilă. De aceea, la prelucrarea sticlei optice se folosesc diferite materiale abrazive și de polisat și mai puțin scule metalice (tabelul 6.4).

Cu ajutorul materialelor abrazive și al sculelor metalice se obțin suprafețele șlefuite. Cu ajutorul materialelor de polisat se obțin suprafețele polisate.

Materialele abrazive se folosesc sub formă de granule izolate sau sub forma unei mase granulare pulverulente.

Materialele de polisat se folosesc numai sub forma unor pulberi foarte fine.

Materialele abrazive acționează asupra sticlei, la prelucrarea ei, în două stări: legată și liberă, iar materialele de polisat, numai în stare liberă.

La prelucrarea sticlei cu granule abrazive legate, masa abrazivă se fixează rigid în montură (de exemplu, la tăierea sau găurirea sticlei cu diamantul).

Masa abrazivă granulară se leagă rigid sau se află în stare tenace.

În primul caz, materialele abrazive se amestecă cu diferite substanțe, numite lianți. Amestecul obținut se formează și se supune la diferite tratamente termice, formând scule abrazive (discuri de șlefuit).

În al doilea caz, materialele abrazive se amestecă cu o masă vâscoasă (de exemplu, vaselină) și se introduc în canalele unor corpuri metalice, formând scula (ferăstrău disc, freză, burghiu).



Tabelul 6.4

Tipurile principale de scule pentru prelucrarea sticlei

Scule cu abraziv legat			
Felul abrazivului	Metoda de fixare a abrazivului	Operațiile de prelucrare executate	Felul mișcărilor de lucru ale sculei
Granule unice	Fixarea rigidă a granulei în montură	Tăiere Găurire	Rectilinie De translație și rotație
	Fixarea rigidă a granulelor în liant care se întărește	Tăierea cu ferăstrăul, frezare, șlefuire Frezare	De rotație, de rotație și translație De rotație, de rotație și translație
Masă granulară	Fixarea granulelor în liant viscos nesicativ	Tăiere cu ferăstrăul Frezare Găurire	De rotație De translație și rotație De translație și rotație
Scule cu abraziv liber			
Masă granulară și pulverulentă	Masă granulară umedă nefixată sau pulverulentă	Tăiere cu ferăstrăul Găurire Șlefuire	De rotație De translație și rotație În funcție de cinematica mașinii unelte
Masă pulverulentă	Masă pulverulentă umedă nefixată	Polisare	În funcție de cinematica mașinii unelte
Scule metalice			
Rolă		Tăiere	De translație și rotație
Burghiu		Găurire	De translație și rotație
Cuțit		Strunjire Tăiere	De translație Idem



La starea liberă a materialelor abrazive sau de polisat, masa granulară sau pulverulentă umezită se folosește fără fixare.

Prafurile abrazive umezite se aplică pe diverse dispozitive metalice (discuri, țevi, suprafețe plane sau sferice).

Pulberile de polisat se aplică pe suporturi nemetalice fixate pe dispozitive plane sau sferice metalice, numite dispozitive de lucru.

Sculele metalice fără abrazive se folosesc numai pentru prelucrări de degroșare, de exemplu tăierea cu rola sau executarea unor găuri mici. În ultimul timp, pentru prelucrarea sticlei se folosesc scule din carburi metalice.

#### 6.4. Prelucrarea sticlei cu abrazivi liberi și legați

6.4.1. Prelucrarea sticlei cu abrazivi liberi. Prelucrarea sticlei cu abrazivi liberi este metoda de prelucrare cea mai veche, fiind cunoscută încă din antichitate. Acest procedeu este universal și permite efectuarea atât a prelucrării brute a sticlei (degroșare), cât și a prelucrării foarte fine (șlefuire).

În timpul șlefuirii sticlei, granulele abrazive umezite se așază între suprafețele sculei de șlefuit și ale sticlei. Prin mișcarea sticlei în raport cu scula de șlefuit și prin apăsarea asupra ei cu o greutate, granulele abrazive se rostogolesc între sculă și sticlă datorită frecării între suprafețele granulelor sticlei și sculei de șlefuit. Prin aceasta, granulele abrazive acționează mecanic asupra sticlei, având loc o erodare a sticlei, cum și o uzură a sculei de șlefuit și o distrugere a granulelor înseși.

Esența acestui proces constă în faptul că suprafața sticlei șlefuite fiind formată din ridicături și adâncituri de formă și dimensiuni aproape identice, este atacată de granulele abrazive.



Experimental, s-a dovedit că, la începutul deplasării sculei de șlefuit în raport cu sticla, participă la lucru 5...10% din întreaga masă de granule, restul granulelor stînd imobile pînă în momentul în care granulele în mișcare nu mai reacționează, așezîndu-se într-o poziție în care ele vin în contact cu suprafețele sticlei și sculei de șlefuit.

Deoarece dimensiunile granulelor sînt neuniforme, scule de șlefuit apasă numai pe granulele cele mai mari.

În timpul mișcării sculei de șlefuit și sticlei, granulele se rotesc, iar scula de șlefuit se lovește de alte granule mai mici, sau de granule întoarse în locurile unde ele au secțiunea cea mai mare, datorită cărui fapt acțiunea sculei de șlefuit este de natura unui șoc (vibrații). La lovirile repetate ale granulelor de sticlă, ele încep să se desfacă în bucăți și se formează suprafața șlefuită.

Sticla poate fi șlefuită numai cu abrazivi, fără nici un fel de lichid. În cazul acesta, procesul de prelucrare poate fi considerat pur mecanic. Această metodă nu este însă rațională deoarece necesită mult timp, iar suprafața obținută este foarte rugoasă. De aceea, șlefuirea se face întotdeauna cu abrazivi umeziți, debitați pe suprafața sticlei sau sculei sub formă de amestec de granule abrazive și lichid (suspensie abrazivă). Cercetările au arătat că influența lichidelor asupra procesului de șlefuire poate fi fizică, chimică și fizico-chimică.

Cele mai importante acțiuni ale lichidelor asupra procesului de erodare a sticlei, la șlefuire, sînt cele chimice și fizico-chimice.

Dintre acțiunile pur fizice care influențează șlefuirea, fac parte: distribuția (dispercizarea) granulelor abrazive pe suprafețele pieselor și sculei; spălarea și îndepărtarea bucăților uzate de granule abrazive și de sticlă; ungerea suprafețelor pieselor și sculei, care reduce



Întrucât ea și favorizează menținerea mai îndelungată a proprietăților mecanice ale granulelor abrazive; atenuarea acțiunii vibratorie de șoc pe granulele abrazive.

Acțiunea primilor doi factori este determinată de cantitatea și viscozitatea lichidului; acțiunea celui de al treilea factor depinde de natura lichidului, iar a celui de al patrulea factor, de natura și viscozitatea lichidului.

Influența chimică în procesul de șlefuire constă în hidroliza sticlei cu apa, și formarea unei pelicule coloidale protectoare de acid silicic.

Apa accelerează șlefuirea sticlei. Pătrunzând în adânciturile ce iau naștere datorită acțiunilor mecanice ale granulelor abrazive, apa intră în interacțiune chimică cu sticla, în urma căreia apar diferiți compuși. Având un volum mai mare decât sticla, compușii formați măresc adânciturile în sticlă, intensificând uzarea sa și accelerând procesul de șlefuire.

În tabelul 6.5 se prezintă influența naturii lichidului asupra vitezei de șlefuire a sticlei cu silicat de bor.

Tabelul 6.5

Influența naturii lichidului asupra vitezei de șlefuire  
a sticlei cu silicat de bor

Lichidul	Viteza de șlefuire exprimată în % din viteza de șlefuire cu apă distilată	Lichidul	Viteza de șlefuire exprimată în % din viteza de șlefuire cu apă distilată
Glicerină	90	Ulei de transformator	78
Petrol lampant	85	Ulei de vaselină	70
Terebentină	83	Ulei de nave	58



Mărimea viscozității lichidului de umezire influențează procesul de șlefuire. La mărirea viscozității, procesul de șlefuire este încetinit deoarece este îngreuiată îndepărtarea produselor de șlefuire.

Dintre influențele fizico-chimice fac parte interacțiunea moleculelor lichidului de umezire cu suprafața sticlei.

Aceste influențe fizico-chimice au la bază următoarele fenomene:

- lichidul în strat subțire (cu grosimea de  $0,075 \mu\text{m}$ ) în contact cu un corp solid, se află într-o stare specială, proprietățile lui apropiindu-se de proprietățile corpului solid;

- la creșterea polarității moleculelor, crește activitatea superficială a lichidului;

- datorită mobilității moleculelor de lipit, adsorbite de suprafața corpului solid, moleculele de sticlă și de lichid nu interacționează numai în regiunile de limită ale sticlei și lichidului, ci și în microadânciturile sticlei;

- datorită pătrunderii moleculelor active în microadâncituri se creează forțe de lărgire care accelerează uzarea sticlei.

Substanțele care accelerează procesul de șlefuire a sticlei (acceleratori) sînt substanțele superficial-active; clorura de fier, acidul limonic, carbamatul, substanțele organice cu greutate moleculară mare (soluție de acid stearic în benzină sau petrol, acid oleic etc.). Adăugarea în apă a acestor substanțe accelerează procesul de șlefuire.

6.4.2. Prelucrarea sticlei cu abrazivi legați. Prelucrarea sticlei cu o granulă abrazivă unică fixată se folosește la tăierea și găurirea sticlei, cum și la trasarea pe ea a unor rețele. În asemenea cazuri se folosește ca abraziv diamantul.



La acționarea granulei fixată pe materiale tenace, de exemplu pe metale, fenomenul este asemănător cu procesul de așchiere cu un cuțit metalic obișnuit, cu deosebire că așchia îndepărtată de granula abrazivă va fi mai mică decât la prelucrarea cu cuțitul. Datorită fragilității sale, prelucrarea sticlei se poate considera ca o micro-așchiere, la care materialul atacat se îndepărtează sub forma unor bucăți foarte fine, așa cum se întâmplă la strunjirea sticlei cu un cuțit din carburi metalice.

La prelucrarea sticlei cu o granulă în rotație, fenomenul este asemănător cu acțiunea unei freze la prelucrarea sticlei, sau cu o granulă avînd o mișcare de translație paralelă cu suprafața sticlei. Acțiunea granulei este asemănătoare cu lucrul unui cuțit de rabotat.

La zgîrierea sticlei, granula se mișcă în salturi și este supusă la o solicitare cu variații bruște, datorită cărui fapt, zgîrieturile au o structură periodică. Muchia ascuțită a granulei pătrunde în sticlă și o uzează pînă la momentul în care apare un echilibru între forțele de presiune pe granulă și reacția sticlei. Dacă mișcarea continuă, presiunea pe granulă crește și ea începe să pătrundă din nou în sticlă pînă cînd se distrug tăișurile.

La mișcarea orizontală a granulei, în fața muchiei sale apar două adîncituri îndreptate în sensul de mișcare al granulei, după care încep să se desprindă particulele de sticlă ce se află în fața granulei. Granula se oprește și acumulînd energie se deplasează mai departe uzînd sticla.

Mișcarea intermitentă a granulei este însoțită de un zgomot caracteristic, care confirmă existența vibrațiilor și periodicitatea mișcării granulelor.

La tăierea sticlei cu granulă abrazivă (diamant) adîncitura are o anumită valoare. Pentru desfacerea sticlei în bucăți, trebuie să



se lovească cu atenție cu un ciocan pe fața opusă celei zgâriate. Prin aceasta, adâncitura trece în întreaga grosime a sticlei (fig.6.4).

Prelucrarea sticlei cu discuri abrazive și freze. Această metodă este foarte productivă și permite să se obțină suprafețe șlefuite începând de la operațiile de degroșare și terminând cu operațiile de șlefuire fină.

Acțiunea discurilor abrazive și a frezelor în procesul de prelucrare a sticlei se bazează pe lucrul diverselor granule abrazive fixate. Îndepărtarea sticlei efectuată cu o astfel de sculă este egală cu cantitatea de sticlă îndepărtată ca urmare a acțiunii tuturor granulelor abrazive care participă la operație.

Numărul de granule ce participă în același timp la operație depinde de mărimea lor, de densitatea așezării în disc și de suprafața de contact a discului cu piesa.

Așchia desprinsă de material este evacuată prin spațiile dintre granule. Deoarece granulele sînt fixate în mod neuniform, la

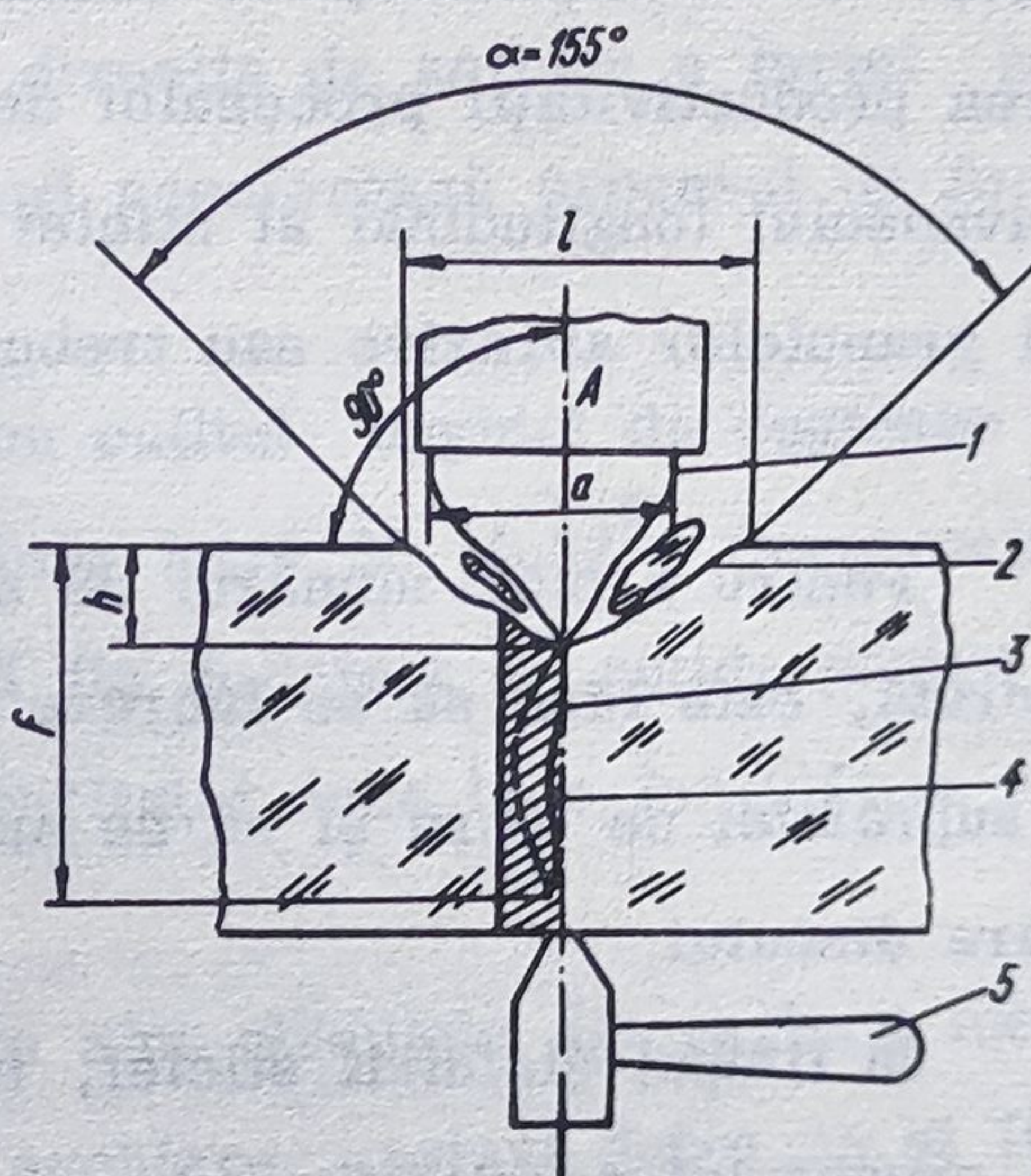


Fig 6.4. Schema procesului de prelucrare a sticlei cu granulă abrazivă fixată: 1- scula tăietoare; 2- zona tăiată; 3- zone de pătrundere a rupturii; 4- zona ruptă; 5- ciocan; h-adâncimea de tăiere; f- adâncimea de forfecare.



rotirea discului lucrează numai o parte a granulelor și zgîrieturile vor apărea în locuri diferite, acoperind treptat întreaga suprafață. Pe măsura tocirii granulelor și a ieșirii lor din uz, ele sînt înlocuite cu altele. Cum toate granulele discului se mișcă într-un singur sens, direcțiile de uzură a suprafeței sticlei vor fi orientate la fel și nu vor fi așezate dezordonat ca neregularitățile unei suprafețe șlefuită cu abraziv liber.

Calitatea suprafeței prelucrate se îmbunătățește și productivitatea prelucrării crește cu creșterea lungimii zgîrieturilor și a numărului lor, prin urmare cu micșorarea distanței dintre granulele abrazive. Pentru îmbunătățirea calității suprafețelor piesei și pentru mărirea productivității procesului de prelucrare, trebuie mărită viteza avansului longitudinal al sticlei sau discului și diametrul mediu al granulelor abrazive sau trebuie mărită viteza de rotație a discului.

Pentru a mări numărul de zgîrieturi ce revin pe suprafața prelucrată, este bine să se lucreze cu discuri cu o lățime mai mare a suprafeței de lucru și să se aplice mișcări oscilatorii suplimentare discului.

În timpul șlefuirii sticlei, muchiile granulelor se tocesc din cauza procesului de șlefuire.

Influența tocirii granulelor se elimină prin rectificarea discului și prin autoascuțirea lui. Rectificarea discurilor abrazive se face prin prelucrarea lor cu scule dure sau cu diamant. Autoascuțirea discului se numește procesul de desprindere a granulelor abrazive tocite.

Cantitatea de sticlă îndepărtată este direct proporțională cu presiunea specifică și variază după o dreaptă al cărei unghi de înclinare depinde de regimul de prelucrare, de tipul sticlei și de gradul



de tocire a granulelor. Productivitatea maximă a șlefuirii are loc când se folosesc lichide cu proprietăți bune de ungere cum ar fi soluțiile care conțin acid oleic sau acid stearic.

#### 6.5. Prelucrarea sticlei cu scule metalice

Prelucrarea sticlei cu scule metalice se face prin două procedee: cu sculă dintr-o bucată (rolă, burghiu, cuțit metalic) și cu particule mici de metal asamblate pe un corp metalic (ferăstraie).

Tăierea sticlei cu rola sau cuțitul se face analog cu tăierea sticlei cu o granulă abrazivă fixată. Înălțimea și forma adânciturii sînt determinate de mărimea și direcția de acțiune a forței pe sculă. Umezirea suprafeței sticlei cu apă accelerează procesul de formare a adânciturilor.

La prelucrarea sticlei cu cuțitul, unghiul de degajare trebuie să fie negativ avînd valori cuprinse între  $25^\circ$  și  $32^\circ$ . Construcția mașinii și fixarea sculei trebuie să fie suficient de rigide pentru evitarea vibrațiilor. Uzura tăișului cuțitului duce la o înrăutățire a calității suprafeței prelucrate.

Sculele cele mai folosite sînt plăcuțele din carburi metalice. La prelucrarea brută, viteza de așchiere variază între 25 și 100 m/min, iar la prelucrarea de finisare între 35 și 170 m/min. Adîncimea de așchiere variază între 1 și 5 mm la prelucrarea brută și între 0,1 și 0,5 mm la prelucrarea de finisare. Mărimea avansului variază între 0,3...1 mm/rot, la prelucrarea brută și 0,05...0,3 mm/rot, la finisare (fig. 6.5).

Deoarece la prelucrarea sticlei, valoarea părților uzate este foarte mare, acest procedeu se folosește relativ rar și numai la



prelucrarea brută a semifabricatelor mari când îndepărtarea unor mase mari de sticlă cu materiale abrazive scumpe nu este economică.

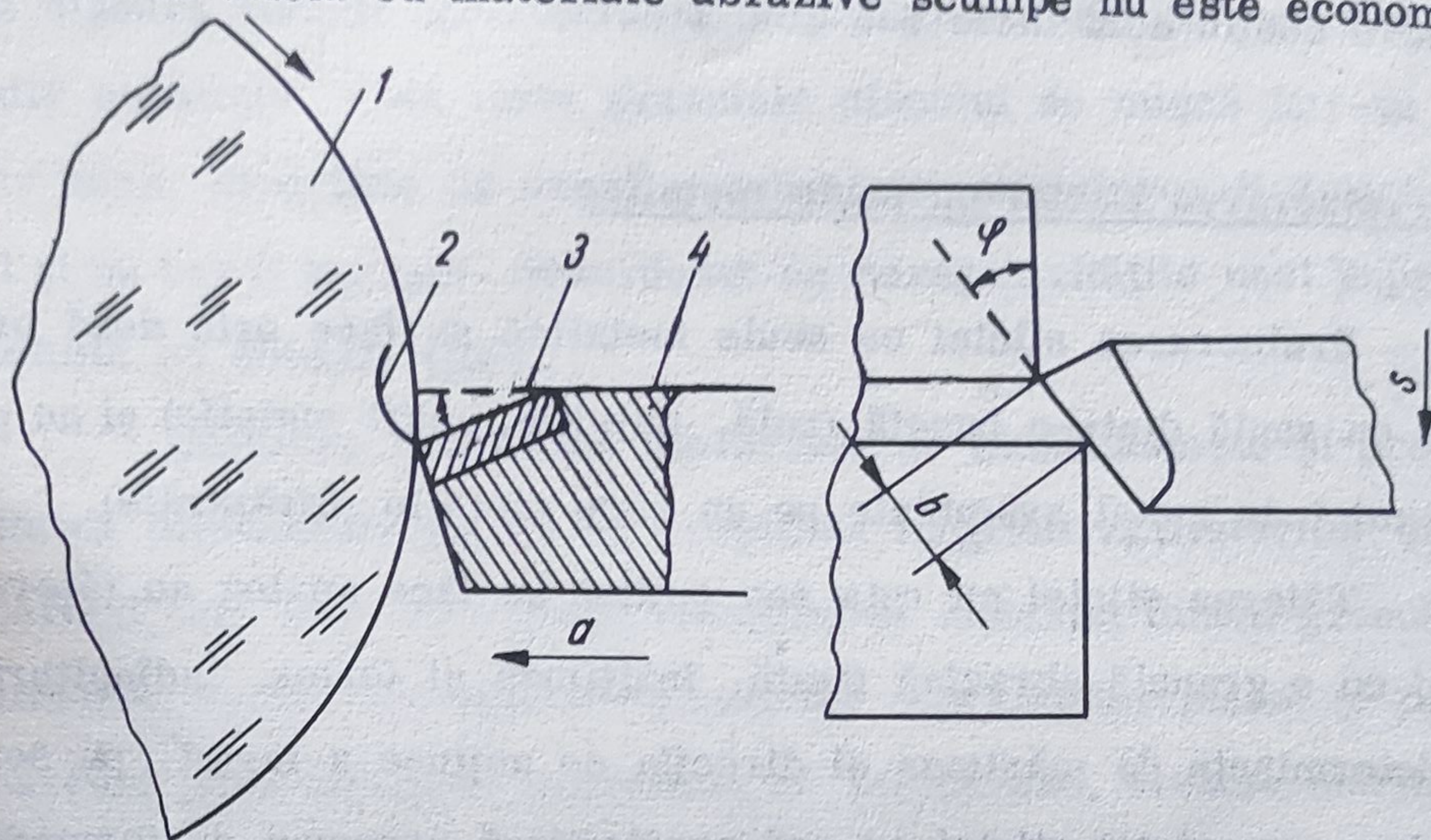


Fig. 6.5. Schema de strunjire a sticlei cu cuțitul:  
1- piesă; 2- zona de rupere; 3- plăcuță; 4- corpul  
cuțitului; s- avansul; b- zona de lucru a tăișului;  
 $\varphi$ - unghiul de atac.

Găurirea sticlei cu burghie metalice este puțin răspândită. Desprinderea particulelor de sticlă are loc în mod asemănător ca în procesul de prelucrare a sticlei cu cuțitul. În timpul găuririi sticlei, trebuie să se folosească lichide de răcire (în special terebentină tehnică).

#### 6.6. Operațiile de șlefuire

Procesul tehnologic de șlefuire se împarte în două operații distincte: degroșarea și șlefuirea.

La degroșare se asigură forma necesară a suprafeței, se înlătură neregularitățile și se îndepărtează stratul exterior cu defecte. Degroșarea este prima operație de prelucrare a sticlei. Ea se execută cu granule abrazive mari, în regimuri de prelucrare intensive.



La șlefuire se asigură precizia relativă a formei suprafeței piesei și se îmbunătățește calitatea suprafeței.

În funcție de dimensiunile granulelor abrazive folosite pentru prelucrare, procesul de șlefuire se împarte în operații independente (distincte): șlefuire brută, șlefuire medie și șlefuire fină. Uneori se folosește și șlefuirea foarte fină.

Influența principalilor factori tehnologici asupra productivității șlefuirii sticlei. Principalii factori tehnologici care determină productivitatea operației de șlefuire a sticlei sînt: natura și mărimea granulelor abrazive, numărul de granule debitate pe sticlă, raportul dintre cantitatea de granule abrazive și lichid, presiunea pe sticlă sau pe scula de șlefuit, viteza de rotație a sculei de șlefuit și materialul său și durata șlefuirii.

Influența naturii abrazivului asupra productivității prelucrării. Întrucît forța de măcinare a granulelor de abrazivi depinde de natura și de mărimea lor, productivitatea prelucrării crește direct proporțional cu duritatea și mărimea dimensiunilor granulelor abrazive.

Viteza de uzare a sticlei depinde și de cantitatea de granule de abraziv ce participă la proces. Sub presiunea sculei sau a sticlei, granulele de abraziv se așază practic într-un singur strat. Creșterea cantității de granule determină mărirea cantității de sticlă prelucrată numai pînă la o anumită limită. La creșterea în continuare a numărului de granule, productivitatea procesului scade. Cantitatea granulelor abrazive de o anumită mărime ce asigură îndepărtarea maximă de sticlă în unitatea de timp, determină consumul optim de abrazive. Acesta se exprimă de obicei, în mg/min sau în kg/h.

Mărimea consumului optim de abraziv depinde de mărimea granulelor, de natura lor și de regimul de prelucrare. Consumul



optim de abraziv crește o dată cu mărirea dimensiunilor granulelor. Această creștere are loc datorită faptului că suprafețele ocupate de granule de dimensiuni diferite sub scula de șlefuit sînt egale, la un consum optim al lor.

Influența naturii abrazivului asupra consumului optim nu are o valoare însemnată.

Creșterea presiunii pe granulele abrazive, duce la o distrugere rapidă a lor și, pentru asigurarea unor condiții normale de șlefuire, trebuie mărit consumul optim.

Raportul dintre apă și abrazivi (în greutate) are o influență foarte mare asupra productivității șlefuirii, existînd o valoare optimă a acestui raport. Abaterea de la această valoare duce la o micșorare a productivității prelucrării, uneori pînă la 35%.

Pentru a asigura o îndepărtare maximă de sticlă la șlefuire trebuie folosite suspensii avînd raportul  $L : S$  între limitele 4...10 ( $L$  este greutatea apei și  $S$  greutatea abrazivului). Valorile mari se aleg pentru granulele cu dimensiuni pînă la  $14 \mu\text{m}$ , iar valorile mici, pentru dimensiunile granulelor mai mari de  $50 \mu\text{m}$ .

La șlefuirea cu abrazivi avînd dimensiunile granulelor de  $20...14 \mu\text{m}$  și mai puțin, cînd trebuie obținută o suprafață cu o acuratețe deosebită și fără deteriorări, trebuie folosită o suspensie avînd raportul  $L : S$  cuprins între 3 și 5.

Dacă apa este în exces, cantitatea de granule abrazive se micșorează, iar presiunea pe fiecare din ele crește. Din această cauză, granulele încetează să se deplaseze liber pe suprafața sticlei și împănîndu-se zgîrie sticla. Dacă apa este în cantitate mică, numărul mare de granule abrazive îngreuiază deplasarea lor liberă.



Productivitatea procesului de șlefuire este direct proporțională cu presiunea, cu condiția respectării debitului optim de suspensie abrazivă pe sticla ce se prelucurează.

Viteza de rotație a sculei de șlefuit este unul din principalii factori care determină productivitatea prelucrării.

Uzarea suprafeței sticlei are loc la o anumită viteză de deplasare a sculei de șlefuit în raport cu sticla și este direct proporțională cu viteza. Acest fenomen are loc până în momentul în care granulele abrazive încep să se fărâmițeze, ceea ce duce la o scădere a productivității procesului.

Materialul sculei de șlefuit influențează în mod esențial procesul de șlefuire. Cu cât materialul este mai dur, cu atât el se uzează mai greu. De aceea, pentru prelucrarea brută a sticlei (degroșare) este indicat ca sculele să se execute din oțel sau din fontă. Deoarece oțelul se toarnă greu în forme, se folosește fonta cenușie, care este ieftină. Pentru șlefuirea fină se recomandă să se folosească alama. Se pot folosi și scule din materiale plastice, în special pentru șlefuirile foarte fine.

Durata șlefuirii este determinată de timpul necesar pentru transformarea unei suprafețe brute într-una mai fină.

#### 6.7. Polisarea sticlei

Natura procesului de polisare. Șlefuirea sticlei se folosește pentru prelucrarea semifabricatelor la confecționarea pieselor optice. Prin această operație suprafața sticlei se uzează devenind rugoasă și deci netransparentă. De aceea, pentru confecționarea pieselor optice, sticla trebuie polisată, cu scopul de a obține suprafețe transparente. Prin polisare, se realizează următoarele:



- se îndepărtează urmele operației de șlefuire, cum și a altor deteriorări mecanice ale suprafeței care denaturează transparența sa și care măresc dispersia luminii;

- se corectează profilul suprafețelor, astfel ca abaterile generale și locale să fie conform condițiilor tehnice impuse pieselor respective.

Procesul de polisare a sticlei se desfășoară la fel ca și cel de șlefuire în urma acțiunii unor factori mecanici și chimici. Influența factorilor chimici este mult mai puternică decât la șlefuire.

Acțiunea mecanică a pulberilor de polisat are două aspecte : granulele prafului de polisat sînt puternic adsorbite de suprafața sticlei, și la deplasarea lor rup porțiuni din sticlă. Pe suprafața sticlei apar noi pelicule care sînt rupte de granulele prafului de polisat, pînă în momentul în care sînt îndepărtate neregularitățile stratului.

Acțiunea granulelor de polisat se poate considera analogă acțiunii granulelor abrazive ca în procesul de șlefuire.

Procesul de polisare a sticlei este foarte îndelungat, prelucrarea durînd cu mult mai mult decât operația de șlefuire. De aceea au mare importanță metodele de accelerare a acestui proces.

Una dintre metode o constituie reducerea înălțimii straturilor în relief și a celor uzate ale sticlei la șlefuirea fină, prin utilizarea sculelor de șlefuit din materiale plastice.

O altă metodă constă în utilizarea diferiților reactivi, dintre care polisarea acidă a sticlei este cea mai eficientă.

Influența principalilor factori tehnologici asupra productivității procesului de polisare. Principalii factori care determină productivitatea polisării sticlei sînt: natura pulberii de polisat, raportul dintre pulberea de polisat și apa în suspensie, consumul de suspensie,



natura suportului sculei de polisat, presiunea pe bloc sau pe sculă, viteza de rotație a sculei de polisat și a sticlei, temperatura suprafeței sticlei și a atmosferei ambiante, înălțimea straturilor în relief și uzate ale suprafeței șlefuite.

Suporturile. Pulberile de polisat nu se mențin bine pe suprafețele metalice. În afară de aceasta, dimensiunile foarte mici ale granulelor de polisat pot duce la un contact între metal și sticlă provocând zgîrieri. De aceea, pulberile de polisat se aplică pe suporturi nemetalice, fixate în dispozitivele metalice. Suportul este elementul principal al sculei de polisat, determinând productivitatea procesului și calitatea suprafeței polisate. Suporturile trebuie să rețină pe suprafața lor materialele de polisat.

Ca suporturi se folosesc diferite țesături (postav, fetru, pîslă) și diferite rășini. În ultimul timp s-au introdus suporturi din materiale plastice.

Suporturile din țesături se fixează pe dispozitivul de polisat cu ajutorul unor rășini de lipit. Suspensia de polisat se presară pe suport.

Rezultate optime se obțin la utilizarea unor suporturi din pîslă cenușie (diametrul fibrelor 35...50  $\mu\text{m}$ ), cu grosimea stratului de circa 6 mm, cum și la utilizarea postavului (diametrul fibrelor 25  $\mu\text{m}$ ) cu grosimea stratului de circa 10 mm. Cantitatea de sticlă îndepărtată la utilizarea acestor suporturi este de circa 190 mg/h, la 100  $\text{cm}^2$  suprafață de lucru. Țesăturile dese cum ar fi fetrul, asigură o calitate mai bună a suprafeței decât cele mai puțin dense (pîsla). Utilizarea unor suporturi din bumbac duce la o micșorare aproape la jumătate a productivității.



Suprafața sticlei polisată cu ajutorul unor suporturi din țesături se obține ușor ondulată, cu valuri. În afară de aceasta, suporturile din material textil nu permit corectarea curburii suprafețelor.

Calitatea slabă a suprafețelor după polisarea cu suporturi din material textil face ca ele să fie utilizate numai la prelucrarea unor piese de mică importanță.

Polisarea cu suporturi din postav este rațională dacă ea constituie o prelucrare preliminară a pieselor de precizie, scopul principal fiind îndepărtarea rapidă a urmelor de la șlefuire. Polisarea finală urmează să se facă pe un suport din rășină la un regim mai puțin intensiv.

Suporturile din rășini sînt compoziții de colofoniu, ceară de albine și smoală, luate în anumite proporții. Însușirea de bază a suportului de rășină îl constituie tenacitatea sa. Granulele materialelor de poliat se imprimă în rășină, fixîndu-se în ea. Tenacitatea rășinii suportului îi permite să-și modifice ușor forma, căpătînd configurația unor suprafețe cu curbura dată.

Tenacitatea suportului depinde de temperatura rășinii, ea modificîndu-se în funcție de temperatura aerului ambiant și de temperatura suprafeței blocului ce se prelucrează.

Rășinile prezintă o tenacitate optimă la care polisarea sticlei are loc în condiții intensive. La tenacitatea optimă, granulele de poliat se fixează în modul cel mai favorabil pe suprafața suportului, acesta menținîndu-și cel mai bine forma pe care a primit-o. Valoarea tenacității optime este determinată de regimul de polisare și de temperatura suportului.

Productivitatea polisării nu se schimbă dacă o dată cu creșterea temperaturii aerului se mărește și tenacitatea rășinii.



În tabelul 6.6 se dau date asupra compoziției rășinilor pentru suporturile de polisat și domeniul de temperatură în care se folosesc la un regim obișnuit.

La o tenacitate inferioară sau superioară celei optime, productivitatea polisării scade; prin creșterea tenacității, pulberile de polisat se fixează incorect pe suprafața suportului și se spală mai repede de pe ea; la scăderea tenacității, granulele de pulbere se îngroapă relativ ușor în ea, rășina se scurge modificându-se curbura suprafeței dispozitivului de polisat.

Suporturile din rășină permit o corectare ușoară a profilului suprafețelor lor în diferite porțiuni. Pentru aceasta, pe suprafața suportului se practică niște canale cu o sculă oarecare de tăiat. Ca urmare suprafața de contact a sticlei cu suportul se reduce pe aceste porțiuni, acțiunea pulberilor de polisat asupra sticlei este atenuată, procesul de polisare fiind încetinit.

Tabelul 6.6

Compoziția rășinilor pentru suporturile de polisat tip  
și domeniile de temperatură de folosire a lor

Tipul de rășină	Compoziția rășinii greutate, %			Temperatura de lucru a aerului, °C
	Colofoniu	Ceară de albine	Smoală	
P8	15	1	Restul	15 - 20
P6,5	38	1	Restul	20 - 23
P9	50	1	Restul	23 - 26
P9,5	60	1	Restul	25 - 30
P10	70	1	Restul	30 - 35
P10,5	84	1	Restul	35 - 40

Posibilitățile de corectare a suprafeței suportului din rășină și formarea sa în timpul prelucrării permit folosirea acestor scule de polisat la prelucrarea pieselor optice de precizie.



Un neajuns al suporturilor din rășină îl constituie variația tenacității la variațiile de temperatură. La regimuri intense de polisare, suprafața rășinii se încălzește puternic și, deoarece tenacitatea rășinii nu este constantă, polisarea va fi neuniformă.

Suporturile din materiale plastice au avantajul că permit utilizarea unor regimuri intense de prelucrare, asigurând o înaltă precizie și o calitate corespunzătoare a suprafețelor pieselor. Ele își mențin bine forma suprafeței și au o capacitate de adsorbție bună, reținând pulberile de poliat.

Densitatea suspensiei și debitul ei. Consumul de suspensie trebuie să fie optim, abaterile într-un sens sau altul ducând la o scădere a productivității polisării. Scăderea productivității este provocată de lipsa pulberii de poliat, cum și de reducerea temperaturii suportului, datorită creșterii umidității și micșorării rezistenței la aderență a pulberii de poliat pe suport.

La polisarea cu suporturi de postav consumul optim de suspensie este de  $1,3 \dots 2,1 \text{ cm}^3/\text{min}$ , iar la polisarea cu suporturi de smoală de circa  $5 \text{ mg/cm}^2$ . Micșorarea debitului de suspensie provoacă o uscare a dispozitivului de poliat, fiind însoțită de un sunet caracteristic, productivitatea reducându-se cu aproximativ  $10 \dots 15 \%$ . Mărirea consumului de suspensie peste valoarea optimă, adică mărirea umidității sculei de poliat, provoacă o răcire a suprafețelor, ceea ce duce la o scădere a productivității (cu circa  $20 \dots 30 \%$ ).

Presiunea sculei de poliat și viteza ei. Influența presiunii sculei de poliat este asemănătoare cu influența presiunii la șlefuire, cantitatea de sticlă îndepărtată prin polisare crescând o dată cu creșterea presiunii.

Creșterea vitezei de rotație a sculei de poliat duce la creșterea productivității polisării. Totuși, în cazul utilizării suportu-



rilor din rășini, creșterea vitezei duce la deformații ale sculei de polisat și la înrăutățirea calității suprafeței prelucrate.

Temperatura suprafeței sticlei și a aerului ambiant. Polisarea atinge valoarea maximă la temperatura de  $40...50^{\circ}\text{C}$ , micșorându-se la creșterea sau la scăderea temperaturii suprafeței sticlei față de această valoare.

Scăderea productivității polisării se explică prin modificarea umidității și deci a rezistenței fibrelor dispozitivului de polisat, acesta reținând mai greu stratul de polisat.

Înălțimea stratului în relief al suprafeței șlefuite influențează durata polisării. Cu cât suprafața este mai grosolană, adică micro-neregularitățile sale sînt mai mari, cu atît polisarea va dura mai mult timp.

Polisarea chimică a sticlei. Polisarea sticlei cu acizi se bazează pe atacul chimic al sticlei în contact cu diferiți acizi. Solventul cel mai puternic al sticlei este acidul fluorhidric (HF). Acesta acționează asupra sticlei transformînd bioxidul de siliciu și alți silicați în săruri solubile, în urma căreia se îndepărtează un strat superficial de sticlă.

Dacă produsele corodării se depun sub formă de cristale, procesul de îndepărtare a sticlei este împiedicat (suprafața sticlei fiind descompusă neuniform de către soluție) obținîndu-se o suprafață rugoasă, cu granulație mare. Dacă produsele reacției sînt îndepărtate de pe suprafața sticlei, corodarea se face uniform, suprafața sticlei devenind netedă și transparentă.

Pentru polisare se recomandă să se utilizeze acid fluorhidric de concentrație slabă.



La polisarea cu acid a sticlelor cu plumb se obțin suprafețe netede și lucioase datorită solubilității bune în apă a fluorurii silicioase de plumb ( $\text{PbSiF}_6$ ).

De asemenea, se dizolvă bine în apă, fluorura de bor ( $\text{BF}_3$ ), de aceea, la sticlele cu conținut mare de bor, la corodarea cu acid fluorhidric nu se formează o suprafață mată, suprafața polisându-se ușor.

Calitatea suprafețelor polisate chimic permite să se descopere defectele semifabricatelor de sticlă înaintea efectuării proceselor de tratament termic, evitându-se polisarea suprafețelor, care este o operație costisitoare. La confecționarea pieselor optice, după șlefuirea fină se poate efectua o polisare cu acid, care reduce mult înălțimea stratului în relief, urmînd ca suprafața să se prelucere definitiv cu pulberi de polisat.

#### 6.8. Adaosuri de prelucrare. Calculul dimensiunilor semifabricatelor

6.8.1. Adaosuri de prelucrare. Grosimea stratului de sticlă, îndepărtat de pe o față a semifabricatului în timpul prelucrării sale, pentru a obține o suprafață de o anumită formă, cu anumite dimensiuni și calitate se numește adaos de prelucrare.

Adaosul total reprezintă adaosul de prelucrare pentru toate operațiile care se aplică unei anumite suprafețe. Adaosul pe operație reprezintă adaosul de prelucrare pentru o anumită operație (de exemplu pentru degroșare, șlefuire brută, polisare etc.).

Adaosurile se calculează pe baza tehnologiei de fabricație a piesei, după felurile și succesiunea operațiilor. Prin calculul adaos-



surilor se determină dimensiunile semifabricatului, deci necesarul de sticlă pentru fabricarea unui număr de piese, cum și consumul de materiale abrazive. Îndepărtarea adaosului se face cu un volum important de manoperă și consum de materiale abrazive.

Îndepărtarea minimă de sticlă are loc la confecționarea pieselor din semifabricate presate, iar cea maximă la fabricarea pieselor din foi sau plăci.

Micșorarea adaosurilor de prelucrare duce la economii de sticlă și materiale abrazive, accelerează desfășurarea proceselor de fabricație și determină micșorarea prețului de cost. De aceea însușirea fabricării unor semifabricate cu adaosuri minime este una dintre cele mai importante probleme ale prelucrărilor optice.

La lentile se stabilesc adaosuri la prelucrarea suprafețelor de lucru (sferice, plane, asferice) și la rotunjirea după suprafața cilindrică (fig. 6.6). Pentru prisme, pene optice și lame plan-paralele se prevăd adaosuri pentru prelucrarea fețelor.

Mărimea adaosului se determină în funcție de uzura suprafeței, tipul sculei și regimul de prelucrare. De asemenea este influențată și de defectele sticlei în stratul care a fost îndepărtat (bule, știrbituri) cum și de dimensiunile și forma piesei (curbura suprafețelor lentilelor, valorile unghiurilor prismelor). La stabilirea adaosurilor de prelucrare, trebuie să se țină seama de metoda de fixare a pieselor pe dispozitive și de duritatea sticlei.

Cu cât suprafața prelucrată este mai puternic uzată, iar precizia de prelucrare este mai mică și calitatea suprafeței mai grosieră, mărimea adaosului trebuie să fie mai mare.

6.8.2. Adaosuri de prelucrare pe operații. Adaosuri la prelucrarea cu ferăstrăul. Mărimea adaosului de prelucrare a este func-



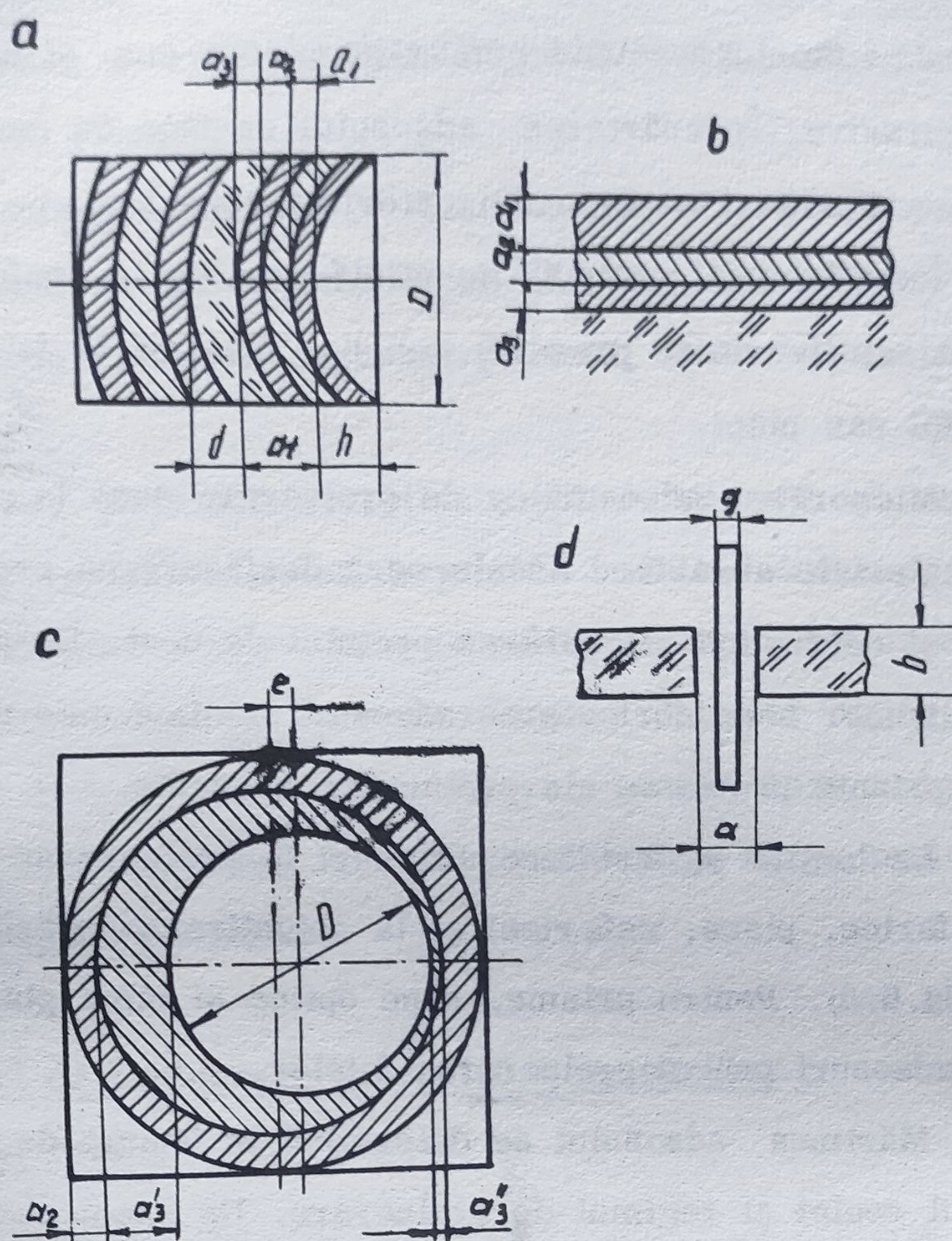


Fig.6.6. Schema de calcul al adaosurilor la diferite operații de șlefuire și polisare a sticlei:  $a_1$ - degroșare;  $a_2$ -șlefuire brută;  $a_3$ - șlefuire fină și polisare; a- pentru o sferă; b- pentru o placă plană; c- pentru o lentilă; d- pentru tăiere.



ție de grosimea  $\Delta$  a discului ferăstrăului și de adâncimea de tăiere c. Mărimea a pentru dimensiunile obișnuite de ferăstraie, se determină cu formula:

$$a = \Delta + \delta - 1$$

în care:  $\delta$  este adaosul necesar pentru bătaia frontală a discului (1,5 la o adâncime de tăiere pînă la 10 mm și 2,5 la o adâncime de peste 65 mm).

#### Adaosuri de prelucrare la degroșare, șlefuire și polisare.

Determinarea grosimii stratului de sticlă îndepărtat la degroșare se face ținînd seama de mărimea neregularităților suprafeței inițiale a semifabricatului, de numărul și felul deteriorărilor mecanice, cum și de adâncimea de așezare a defectelor din sticlă. Trebuie să se țină seama și de forma suprafețelor. Grosimea straturilor de sticlă îndepărtate la șlefuirile ulterioare trebuie să fie egală cel puțin cu diferența înălțimilor adînciturilor de la prelucrarea anterioară și a celor de la prelucrarea în curs. Practic, aceste valori trebuie să fie ceva mai mari ținîndu-se seama de șlefuirea suplimentară obligatorie pentru îndepărtarea deteriorărilor mecanice apărute la suprafață (știrbituri, zgîrieturi etc.). Trebuie să se țină seama și de timpul necesar pentru scoaterea prin șlefuire a granulelor de abrazivi de fiecare număr (granulație), în urma cărora microgeometria suprafețelor devine suficient de uniformă. Aprecierea exactă a tuturor factorilor la șlefuire este dificilă și în practică sînt adoptate adaosuri de prelucrare determinate pe baza experienței acumulate la fabricarea diferitelor piese optice.

Adaosurile de prelucrare pentru degroșarea suprafețelor lentilelor și pieselor plane se aleg ținînd seama că prelucrarea sti-



clei se face cu granule abrazive avînd dimensiuni cuprinse între 75...250  $\mu\text{m}$ .

Adaosurile de prelucrare pentru degroșarea unei suprafețe a unei lentile se determină în funcție de diametrul, forma suprafeței și felul semifabricatului. La prelucrarea suprafețelor convexe, concave și plane ale lentilelor executate din piese presate cu suprafețe sferice, adaosul de prelucrare la degroșarea suprafețelor sferice variază între 0,2...0,6 mm pe rază.

La degroșarea unor suprafețe concave, executate din semifabricate presate, adaosul de prelucrare pentru fața concavă trebuie mărit în sensul săgeții de curbură a suprafeței. La prelucrarea lentilelor din semifabricate cu suprafețe plane șlefuite în prealabil, adaosul de prelucrare pentru degroșarea suprafețelor convexe este zero, iar adaosul pentru suprafețele concave este egal cu săgeata curburii.

La degroșarea unor lentile fixe prin blocare rigidă, cînd controlul grosimii lor este dificil, adaosul de prelucrare la degroșare poate fi mărit pînă la dublu.

Pentru piesele cu suprafețe plane, adaosul de prelucrare la executarea unei fețe este determinat de dimensiunea ei și de natura prelucrării anterioare a semifabricatului.

Valorile maxime se aleg pentru adaosurile la prelucrarea de degroșare a unor semifabricate care au fost rupte în prealabil. Mărimea adaosurilor în aceste cazuri ajunge pînă la 1,5 mm pentru fețe cu lungimea pînă la 10 mm și de 2 mm pentru fețe cu lungimea mai mare.

Adaosurile de prelucrare pentru semifabricatele tăiate sînt cuprinse între 0,4 mm, la prelucrarea unor fețe cu lungimea pînă la 10 mm și 0,9 mm pentru fețe cu lungimea mai mare de 65 mm.



Adaosurile de prelucrare pentru șlefuirea brută a suprafețelor lentilelor și a fețelor prismelor, se aleg ținând seama că pulberile de șlefuit au mărimea granulelor, cuprinsă între  $20 \dots 75 \mu\text{m}$ . Mărimea adaosurilor este determinată în special de dimensiunile pieselor prelucrate (diametrele lentilelor, dimensiunile maxime ale laturilor pieselor plane). Mărimea adaosului variază într-un interval relativ mic, de la 0,1 mm la prelucrarea unor piese având dimensiunile laturilor sub 10 mm, până la 0,15 mm la o lungime a laturilor mai mare de 10 mm.

Adaosul de prelucrare la șlefuirea fină cu pulberi de șlefuit, cu mărimea granulelor cuprinsă între  $7 \dots 28 \mu\text{m}$ , inclusiv polisarea, este indicat global deoarece este foarte greu să se determine o grosime mică a stratului de sticlă îndepărtat.

Mărimea adaosurilor de prelucrare pentru șlefuirea fină și polisare variază într-un interval cuprins între 0,06...0,15 mm.

La prelucrarea unor prisme complicate sau a unor sticle cu duritate mare, adaosul de prelucrare se va mări cu 30...50%. Adaosul de prelucrare trebuie de asemenea mărit și în cazul prelucrării unor piese având toleranțe la grosime (lentile) sau la înălțime (prisme) sub 0,1...0,3 mm și toleranțe la unghiurile prismelor sub 3...6 min.

Adaosurile de prelucrare la șlefuirea suprafețelor cilindrice (șlefuire rotundă) prevăd îndepărtarea sticlei cu discuri abrazive sau cu pulberi abrazive de diferite mărimi și sînt de două feluri:

- adaosul pentru rotunjirea preliminară a semifabricatului sau coloanei;
- adaosul pentru rotunjirea finală a lentilelor pînă la diametrul de centrare.



Adaosurile din prima grupă se dau atât la rotunjirea pieselor cu suprafețe plane (sticle de protecție, pene etc.) cum și la rotunjirea semifabricatelor presate pentru lentile.

La executarea lentilelor din semifabricate dreptunghiulare se dau de obicei ambele adaosuri; la executarea lentilelor din piese presate se poate da și un singur adaos pentru rotunjirea finală la centrare.

Mărimea adaosului de prelucrare pentru rotunjirea preliminară, depinde de diametrul și grosimea pieselor cum și de felul semifabricatului. Adaosul de prelucrare pentru rotunjire la executarea unor piese din semifabricate presate sau în prealabil șlefuite, cu diametrul cuprins între 10 și 100 mm (la orice grosime a piesei) variază între 1 și 3,5 mm.

La confecționarea unor piese din semifabricate plane rupte adaosul de prelucrare este cu mult mai mare, fiind cuprins între 2 și 8 mm.

Adaosul la șlefuirea rotundă și la centrarea lentilelor depinde de raportul dintre diametrele și grosimile pieselor, de mărimile și semnele razelor de curbura ale suprafețelor sau de distanțele focale și mărimile descentrărilor. Dacă raportul dintre diametrul lentilei și distanța focală  $D/f$  și raportul dintre grosime și diametru  $d/D$  este sub 1,5, valoarea adaosurilor de prelucrare la centrare este de 0,8... 2,5 mm pentru lentile pozitive cu diametrul între 4 și 65 mm, iar pentru lentilele negative cu aceleași diametre, adaosul este de 1... 3 mm.

Când lentila are o margine ascuțită, adaosul de prelucrare trebuie mărit pentru a asigura o grosime a marginii lentilei de 0,5 mm.



Determinarea dimensiunilor semifabricatelor. Dimensiunile elementelor constructive ale semifabricatelor se determină pe baza calculului adaosurilor de prelucrare ale elementelor (suprafețelor) respective ale pieselor. Dimensiunile celor mai multe elemente ale semifabricatelor, cum ar fi grosimea semifabricatelor lentilelor pe axa optică sau diametrele lentilelor, se determină prin însumarea directă a dimensiunilor elementelor respective cu mărimea adaosului pentru elementul dat.

Dimensiunile unor elemente constructive trebuie determinate fie grafic, fie prin calcul. Aceste elemente pot fi de exemplu grosimea lentilelor pe margine, dimensiunile laturilor prismelor etc.

La determinarea dimensiunilor semifabricatelor trebuie să se mai țină seama de o serie de cerințe suplimentare.

De exemplu, latura sau diametrul semifabricatului nu trebuie să fie mai mici de 8 mm, iar grosimea mai mică de 4 mm. La semifabricatele sub formă de plăci, raportul dintre latura mare și cea mică nu trebuie să depășească 3 : 1. Semifabricatele confecționate din anumite tipuri de sticlă nu trebuie reduse sub o anumită mărime (de exemplu pentru sticlele de tipul TK mărimea minimă este de 1,5 g).

Pe baza calculelor se face desenul semifabricatului, care este asemănător cu desenul piesei finite, dar mai simplu.



## Operații auxiliare în prelucrarea pieselor optice

Operațiile auxiliare în prelucrarea pieselor optice sînt operațiile prin care se urmărește asocierea pieselor pe dispozitive, în coloane sau blocuri în vederea prelucrării lor simultane, a protejării suprafețelor prelucrate de efectele mecanice sau de acțiunea apei, curățirea suprafețelor pentru operații speciale sau control.

### 7.1. Gruparea și fixarea semifabricatelor

#### Scop. Metode

Pentru prelucrarea simultană a mai multor semifabricate acestea se grupează în coloane și se fixează pe dispozitive.

Prinderea semifabricatelor în dispozitive se numește blocare. Ansamblul dispozitivului cu semifabricatele fixate pe el se numește bloc.

Procedeul de blocare determină în mare măsură precizia, productivitatea și regimurile de prelucrare.

Blocarea semifabricatelor trebuie să se facă cu atenție pentru ca acestea să nu se deformeze, deoarece în acest caz, suprafața blocului nu va fi corect prelucrată.

Blocarea se poate face bucată cu bucată, sau în grup, adică prin prinderea mai multor piese de același fel.

Blocarea cu bucata se folosește mai rar decât blocarea în grup. Se folosește în special la prelucrarea lentilelor mari (cu diametrul peste 70 mm), sau la prelucrarea unor lentile mari semi-sferice, cum și la rotunjirea lentilelor în timpul centrării.



Blocarea în grup se folosește pentru prelucrarea semifabricatelor având aceleași forme și dimensiuni. În acest fel se prelucra - ză majoritatea semifabricatelor pentru prisme, lame și lentile cu dia - metrul sub 200 mm. Acest procedeu permite realizarea deservirii mai multor mașini prin prelucrarea simultană a mai multor blocuri.

După procedeul de blocare a semifabricatelor pe dispozitive se disting următoarele metode de blocare: presarea în dispozitive, li - pirea, prinderea cu o soluție ce se întărește și îmbinarea prin con - tact optic.

La prelucrarea de degroșare, blocarea semifabricatelor cu fețe plane se face prin lipire și presare în dispozitive. Blocarea len - tilelor se face de obicei prin lipire, care poate fi elastică sau rigidă. Blocarea prismelor se face prin presare în dispozitive, prindere cu o soluție ce se întărește (gipsare), lipire pe dispozitiv și contact op - tic, iar lamele plan-paralele se blochează prin lipire, contact optic sau presare în dispozitive.

#### 7.2. Prinderea prismelor și semifabricatelor plane prin presare în dispozitive

Această metodă se folosește pentru blocarea cu bucata a prismelor la frezarea racordărilor sau a canalelor, precum și la prinderea în grup a prismelor pentru prelucrare de degroșare sau pentru frezarea canalelor.

Semifabricatele se introduc în canalele unui disc plan și se strâng cu un șurub. Pentru a proteja suprafețele prismelor de dete - riorări, sub șuruburi se așază garnituri de cauciuc. Această meto - dă de prindere asigură executarea unghiurilor prismelor cu o preci -



zie de 5...6'. Pentru prelucrarea brută, de exemplu, ajustarea grosimii sau egalizarea fețelor semifabricatelor, este bine ca piesele să fie blocate prin presare, cu ajutorul unui dispozitiv separator. Semifabricatele 1 (fig. 7.1, a) se așază în canalele 2 din discul 3 și se fixează cu șuruburile 4. Garniturile 5 au rolul de a feri suprafețele

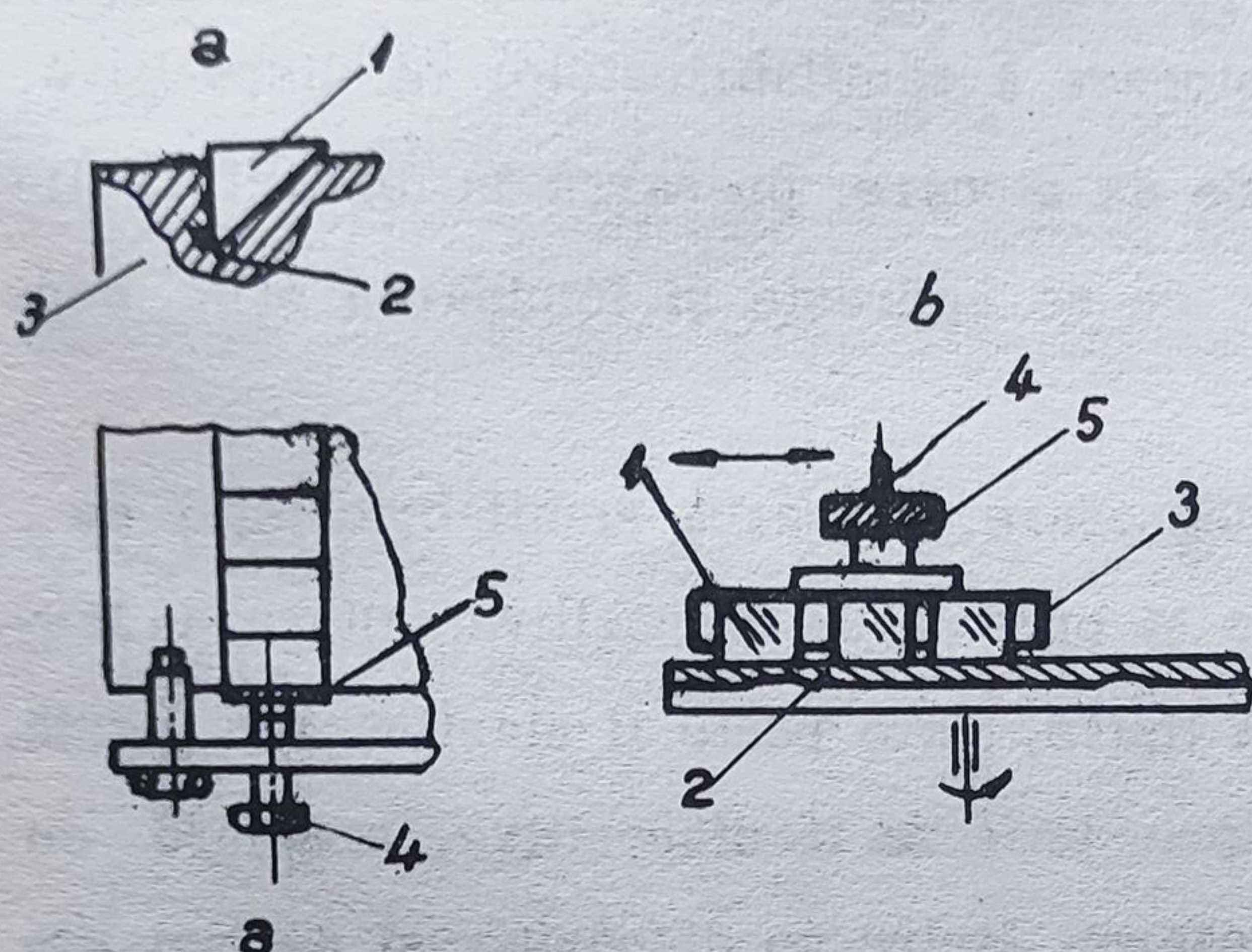


Fig. 7.1. Schema de blocare a prismelor în dispozitive, prin presare.

prismelor de deteriorări. În figura 7.1, b semifabricatele se așază liber pe placa 2 și apoi se pune deasupra dispozitivului 3 legat prin pîrghia 4 de mașina de prelucrat. Greutatea 5 apasă piesele pe sculă.

### 7.3. Lipirea semifabricatelor

Lipirea semifabricatelor în vederea prelucrării se bazează pe introducerea între suprafețele semifabricatelor și ale dispozitivului a unui strat de substanță de lipit.

Calitatea lipirii nu depinde numai de proprietățile fizice și chimice ale amestecului de lipit, ci și de grosimea stratului de lipit și de forma și dimensiunile semifabricatelor.

Amestecurile de lipit utilizate poartă denumirea de masticuri.

Masticurile folosite pentru lipirea semifabricatelor pe plăci sau în coloane trebuie să îndeplinească o serie de condiții, condiții care sînt determinate de specificul operației la care se întrebunțează.



Masticul trebuie să aibă o culoare închisă, pe al cărui fond să se poată descoperi ușor diferite defecte ale suprafețelor prelucrate.

Temperatura de înmuiere și topire a masticului nu trebuie să fie mai ridicată, pentru a nu necesita încălzirea excesivă a pieselor pentru lipire, determinând pericolul tensionării acestora.

El trebuie să adere ușor și să aibă rezistență mecanică suficientă pentru a asigura fixarea piesei optice și preluarea efortului de prelucrare.

Să permită întinderea lui la topire în straturi subțiri și uniforme.

Să se dizolve ușor în solvenți comuni (petrol, benzină) pentru a permite curățirea pieselor.

Principalele componente ale masticurilor de lipit sînt: colofoniul, smoala, ceara de albine și parafina. Ca adaosuri de completare a masticurilor de lipit se folosesc argile (uneori și gips) ce nu formează combinații chimice cu componentele de bază. Masticurile se colorează cu negru de fum sau cu oxidul roșu de fier.

Colofoniul este o substanță solidă de culoare galbenă-cafenie obținută ca reziduu la distilarea rășinii de conifere. Colofoniul are o mare capacitate de lipire, un interval suficient de înmuiere, duritate mare, fiind componentul principal al masticurilor de lipit. Colofoniul nu trebuie să conțină impurități mecanice, în special cu diametrul mai mare de 20  $\mu\text{m}$ .

Smoala este un corp semisolid sau solid obținut ca reziduu la distilarea gudronului de cărbuni de pămînt. Smoala se folosește ca plastificator al masticurilor, avînd capacitatea de a se amesteca bine cu colofoniul și cu celelalte componente. Smoala nu trebuie să aibă



umiditate, conținutul de cenușă trebuie să fie de maximum 1%, și să nu conțină impurități dure mai mult de 0,1%.

Ceara de albine este o substanță plastică, are adezivitate, impermeabilitate și este chimic stabilă. Dimensiunile impurităților mecanice nu trebuie să depășească 20  $\mu\text{m}$ .

Parafina este un amestec de hidrocarburi solide, extrase la distilarea țițeiurilor parafinoase. Parafina pură este o masă albă, asemănătoare cerii, translucidă și fără miros. Duritatea ei este foarte variată, iar punctul de topire este situat între 20 și 100°C.

Gipsul se găsește în natură sub diferite forme. El se prezintă sub forma unei mase albe cu granulație fină, și parțial, sub formă de cristale transparente cu apă de cristalizare. Compoziția sa cuprinde: calciu, sulf, oxigen și apă de cristalizare. Dacă se încălzește la 190°C, cedează apa de cristalizare obținându-se gipsul calcinat. Dacă acesta este amestecat cu apă sub forma unei paste, el absoarbe din nou apa de cristalizare și se întărește după un timp scurt. Sub această formă, este utilizat pentru blocare.

Compozițiile masticurilor de lipit. Pentru lipirea semifabricatelor se folosesc masticuri din colofoniu și ceară, sau colofoniu și smoală, de exemplu:

- smoală 300 g, colofoniu 2 200 g, ceară 40 g;
- ceară 1 000 g, parafină 360 g, colofoniu 1 900 g.

Compoziția masticurilor pentru lipirea pieselor pe dispozitive se alege în funcție de felul și regimul de prelucrare, cum și în funcție de temperatura aerului din secție. La prelucrarea brută, de exemplu, la șlefuirea fețelor și ajustarea grosimii semifabricatelor pentru prisme, semifabricatele pot fi lipite cu parafină.



Compoziția masticurilor pentru lipirea blocurilor la prelucrările de precizie se alege în funcție de condițiile de prelucrare.

Prepararea masticurilor. La început se topește colofoniul și se filtrează, după care se adaugă celelalte componente și se fierbe amestecul la temperatura de  $110...160^{\circ}\text{C}$ , timp de  $2...2,5$  ore amestecând cu grijă. Masticul obținut se filtrează printr-o sită sau printr-un tifon și se toarnă sub plăci. Dacă masticul este mai vâscos decât este necesar, el se retopește adăugând terebentină.

Lipirea în coloană. Înainte de lipire semifabricatele se spală cu grijă, se șterg și se încălzesc într-un încălzitor electric sau în termostat. Încălzirea trebuie să fie foarte uniformă pentru a se evita apariția unor fisuri în sticlă și se consideră terminată atunci când masticul începe să se topească la contactul cu suprafața încălzită a semifabricatului. Semifabricatele unse cu mastic se așază unul peste celălalt, obținându-se o coloană.

Coloana trebuie să aibă o formă regulată. Axa coloanei de lentile trebuie să fie paralelă cu axa viitorului cilindru și perpendiculară pe fața sa frontală. Pentru aceasta coloana se așază în stare caldă în diferite dispozitive, de exemplu în așa-numitul vinclu. Este foarte important să se evite strîmbarea coloanei calde în timpul lipirii; pentru aceasta se folosesc fixatoare, cadruri sau prese.

Înălțimea coloanei și numărul de semifabricate lipite nu trebuie să depășească 150 mm. O coloană prea lungă se dezlipște ușor la rotunjire.

Răcirea coloanei trebuie să fie naturală. Nu se permite o răcire rapidă, de exemplu, prin introducerea în apă rece, deoarece prin aceasta coloana se dezlipște.



Lipirea semifabricatelor pe dispozitive pentru prelucrarea brută. La prelucrarea preliminară a semifabricatelor (de exemplu după tăierea cu ferăstrăul) ele se lipesc pe discuri metalice sau din sticlă. Lipirea semifabricatelor pe dispozitive se face în mod asemănător ca la lipirea coloanelor. La o prelucrare mai precisă se folosesc discuri din sticlă, care se deformează mai puțin decât cele din metal.

#### 7.4. Blocarea elastică și rigidă a pieselor

7.4.1. Blocarea elastică. Prinderea elastică a semifabricatelor pe dispozitive constă în lipirea semifabricatelor cu masticuri de duritate medie. Acestea au la bază aceiași constituenți ca și masticurile de lipire însă ca material de adaos se folosește ipsos sau smoală.

Grosimea stratului de mastic, se stabilește pentru lentilele convexe după axă, iar pentru lentilele concave după marginea pieselor. Grosimea variază între 0,1 și 0,2 din diametrul lentilei. Grosimea stratului de mastic pentru blocarea prismelor este de circa 4...6 mm. Masticul se aplică prin două procedee: la blocarea lentilelor cu diametrul mai mare de 8 mm cum și la blocarea prismelor, masticul se aplică sub formă de pernțe, iar blocarea unor lentile convexe cu diametrul mai mic de 8 mm se acoperă piesa cu mastic fără a se mai forma pernțe.

Dispozitivele de lipit și tehnologia blocării. Pentru fixarea lamelor plan-paralele se folosesc platouri (fig. 7.2, a), pentru lentile se folosesc capete și cești (fig. 7.2, b, c), iar pentru fixarea prismelor-platouri cu canale (fig. 7.2, d).



La utilizarea pernîțelor de mastic, procesul de blocare constă din următoarele operații: executarea pernîțelor, lipirea lentilelor cu pernîțe, rodarea lentilelor pe dispozitivul de rodare și răcirea blocului.

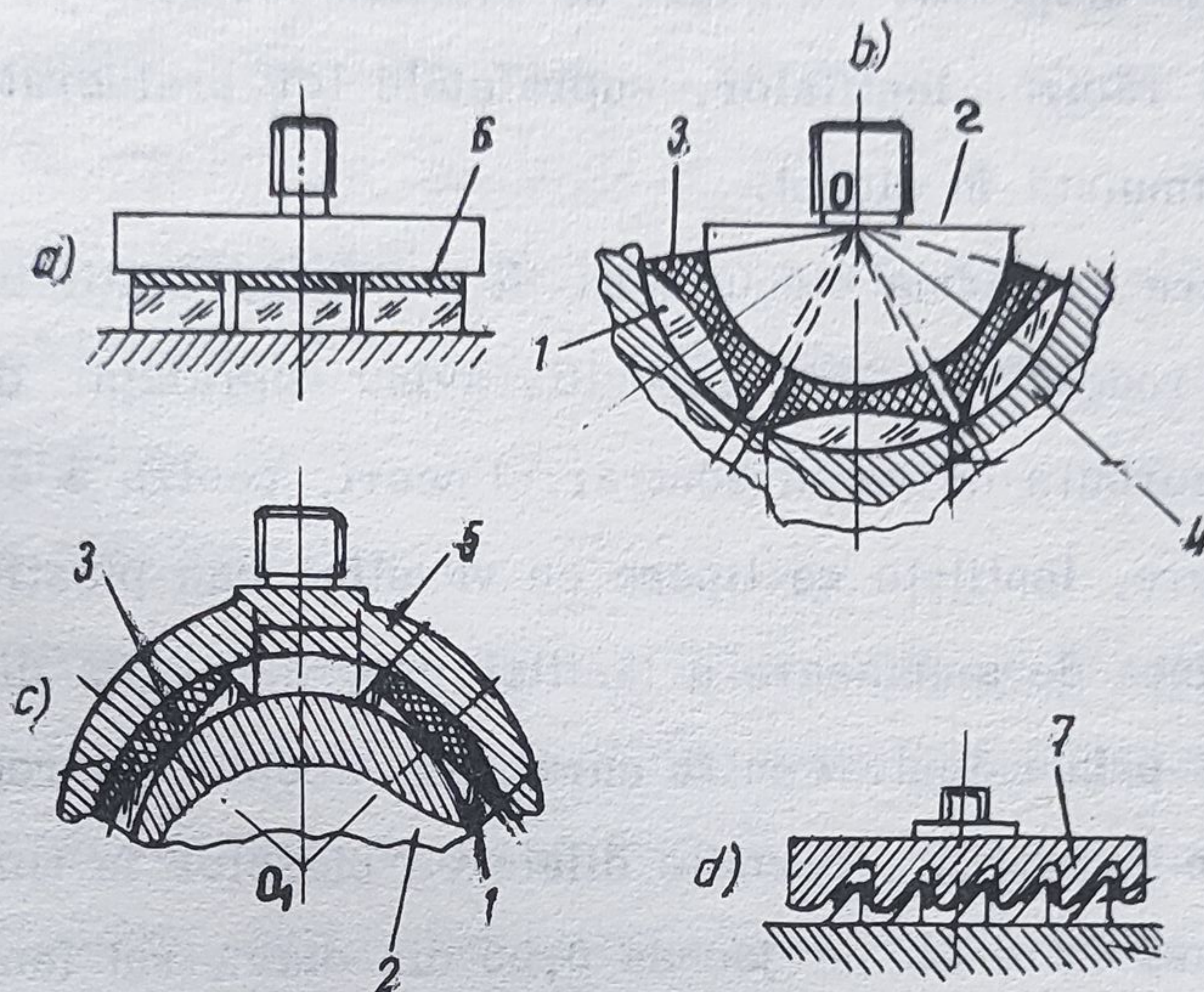


Fig. 7.2. Schema blocării elastice:

1- lentilă; 2- cap de blocare; 3- mastic; 4- ceașcă de șlefuire; 4- cap de șlefuit; 6- platou; 7- platou cu canale.

Pernița are, în majoritatea cazurilor, forma unui trunchi de con, al cărui vîrf trebuie să coincidă cu centrul suprafeței sculei de lipit.

Formarea pernîțelor direct pe lentile se utilizează la confecționarea unor lentile cu diametrele cuprinse între 5...10 mm și între 100...150 mm. Înainte de lipirea pernîțelor, lentilele se încălzesc în termostat pînă la temperatura de 70...80°C; pernîța se așază pe suprafața semifabricatului și se apasă ușor pe ea.

La formarea pernîțelor, separat de lentile, ele se execută manual sau cu ajutorul unor dispozitive. În primul caz masticul se



Înmoaie și i se dă forma unei vergele cu ajutorul unei cârpe ude presate cu talc; după aceasta, vergeaua se taie în bucăți.

Mai productivă este executarea pernîțelor prin turnarea masticului într-un dispozitiv cu găuri de diferite forme.

După răcirea lentilelor, suprafețele lor prelucrate se șterg cu o cârpă înmuiată în alcool.

Pentru ca forma blocului să fie corectă, lentilele cu pernîțele lipite, se rodează într-un dispozitiv avînd suprafața de aceeași formă, dar curbura de semn contrar. Uneori, pentru a evita deplasarea la blocare, lentilele se lipesc cu vaselină sau plastilină.

Ordinea de amplasare a lentilelor pe suprafața dispozitivului se determină prin calcul. Pentru curățirea blocului de resturile de abraziv, cum și pentru a permite dilatarea pieselor în timpul prelucrării, se lasă între ele un joc de 0,05 din diametrul lentilei.

Pe pernîțele lentilelor rodade, se așază dispozitivul de lipit, încălzit la temperatura de  $80...100^{\circ}\text{C}$ ; pernîțele se înmoaie și se lipesc pe dispozitiv.

După aceasta, blocul se răcește cu apă sub formă de duș sau într-un bazin. Temperatura apei trebuie să fie de circa  $16...20^{\circ}\text{C}$ . Blocul se scoate de pe forma de rodat, iar excesul de mastic dintre lentile se îndepărtează cu un cuțit.

În procesul de lipire a pieselor pe dispozitive, este bine să se utilizeze prese, care să preseze piesa în dispozitiv.

Întrucît masticul se deformează la răcire, se recomandă să se înceapă prelucrarea imediat după blocare.

Caracteristicile metodei. Dintre avantajele blocării elastice se menționează simplitatea și universalitatea dispozitivelor de lipit.



Metoda are dezavantajul că stratul de mastic avînd o grosime mare, se înmoaie relativ ușor în timpul prelucrării, ducînd la deplasarea pieselor și la deformări ale suprafeței blocului. Ca urmare, se reduce precizia de prelucrare a pieselor. De aceea, blocarea elastică nu permite prelucrarea unor piese la viteze și presiuni mari, cum și prelucrarea în blocuri la operațiile de degroșare și șlefuire brută.

Calculul blocurilor. Datele principale pentru calculul unui bloc sferic sînt: raza de curbura a suprafeței blocului, diametrul, înălțimea și interstițiul dintre piese. Raza blocului este egală cu raza de curbura a suprafeței ce se prelucrează.

La calculul blocului se determină: ordinea de amplasare, numărul de piese pe bloc și dimensiunile finale ale blocului.

Întrucît numărul de piese prelucrate simultan depinde de dimensiunile blocului, pentru asigurarea unei productivități ridicate, este bine ca blocurile să se facă cît mai mari posibil. Mărirea diametrului blocului, ducînd la o creștere a suprafeței sale, determină și o sporire a presiunii pe arborele mașinii. De aceea, la fiecare mașină se pot prelucra blocuri care nu depășesc un anumit diametru. Construcțiile mașinilor actuale permit prelucrarea unor blocuri plane cu diametrul între 20 și 500 mm, ceea ce corespunde unor diametre ale blocurilor sferice cuprinse între 14 și 350 mm.

Înălțimea unui bloc sferic este funcție de raza de curbura a blocului și de diametrul său. Experiența arată că blocurile nu trebuie să depășească diametrul de 150 mm, deoarece la raza de curbura mai mare de 75 mm prelucrarea pieselor se complică.

În majoritatea cazurilor, înălțimea blocurilor este de 0,85 din valoarea razei blocului, ceea ce corespunde la o pierdere de suprafață utilă de aproximativ 15%.



Amplasarea pieselor pe bloc trebuie să înceapă de la centru, în continuare piesele fiind așezate pe zone concentrice.

Numărul pieselor din centrul blocului sau din prima zonă determină poziția pieselor în zonele următoare și umplerea uniformă cu piese a suprafeței blocului (fig. 7.3, a, b, c). Pot exista mai multe variante de blocare, zona centrală avînd una, două sau trei lentile.

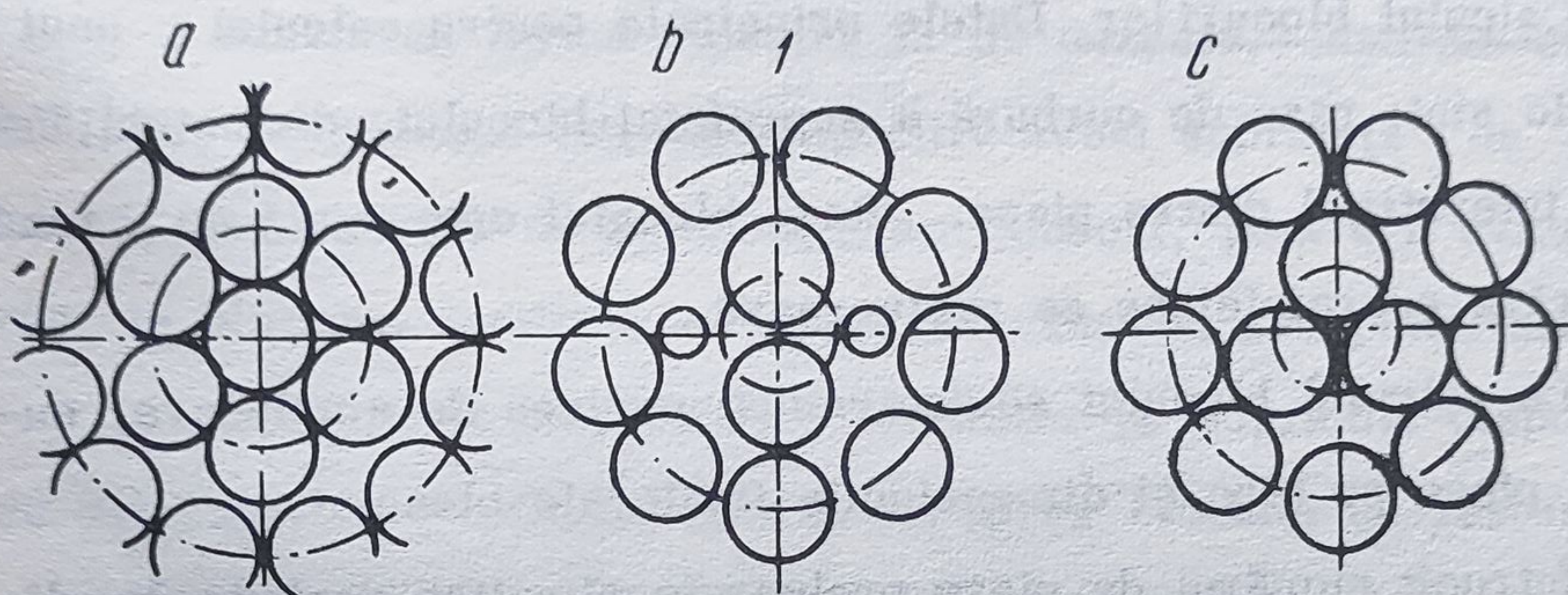


Fig. 7.3. Schemele de amplasare a pieselor în prima zonă a blocului.

Pentru îmbunătățirea condițiilor de prelucrare, spațiile dintre piese se umplu cu piese "parazite" de dimensiuni corespunzătoare.

Pentru determinarea numărului de piese pe bloc, se calculează numărul de piese din prima zonă, apoi se determină numărul celorlalte zone și numărul de piese din fiecare zonă. După numărul de piese găsit se calculează dimensiunile definitive ale blocului.

Blocurile se calculează pe cale grafică sau cu metode trigonometrice (tabele).

Metoda de calcul trigonometrică asigură o precizie mai mare decît metoda grafică.

Calculul dispozitivelor de blocat. Calculul dispozitivelor de blocat constă în determinarea razei de curbura, a înălțimii și a diametrului, în funcție de dimensiunile blocului.



Raza de curbura a suprafețelor dispozitivelor de blocat se determină în funcție de dimensiunile constructive ale lentilelor și de grosimea stratului de blocare. Dimensiunile de gabarit ale dispozitivului se stabilesc după dimensiunile blocului.

Precizia admisă a razelor de curbura ale suprafețelor dispozitivului, se determină prin mărimea  $R = 0,03 D$ . Această mărime corespunde abaterilor limită la alegerea dispozitivelor de blocat, după șirul normal al dimensiunilor. Raza de curbura se verifică cu șablonul prin metoda fantei de lumină; fanta de lumină nu trebuie să depășească 0,2 mm. În tabelul 7.1 sînt indicate schițele și formulele pentru determinarea razei de curbura pentru cîteva tipuri de lentile.

Înălțimea dispozitivelor de blocare trebuie menținută cu o precizie de 0,1...0,5 mm.

Diametrele dispozitivelor de blocat trebuie menținute cu o precizie de 0,05...0,2 mm (îndeosebi la capete).

7.4.2. Blocarea rigidă a pieselor. Metoda de blocare rigidă se bazează pe lipirea semifabricatelor pe dispozitive cu un strat subțire de mastic (suprafețe șlefuite), sau cu garnituri din pînză îmbibate cu mastic (suprafețe polisate).

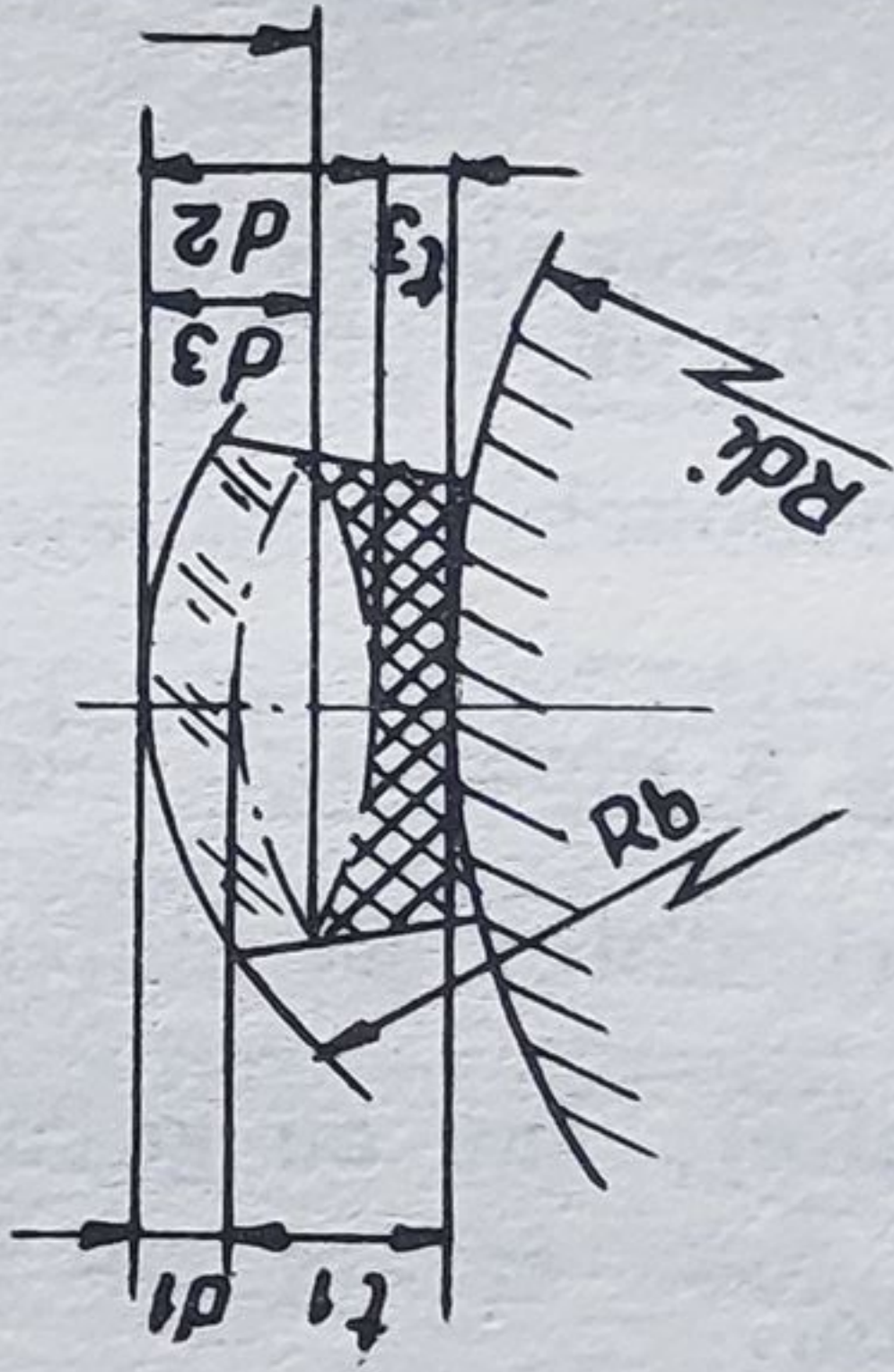
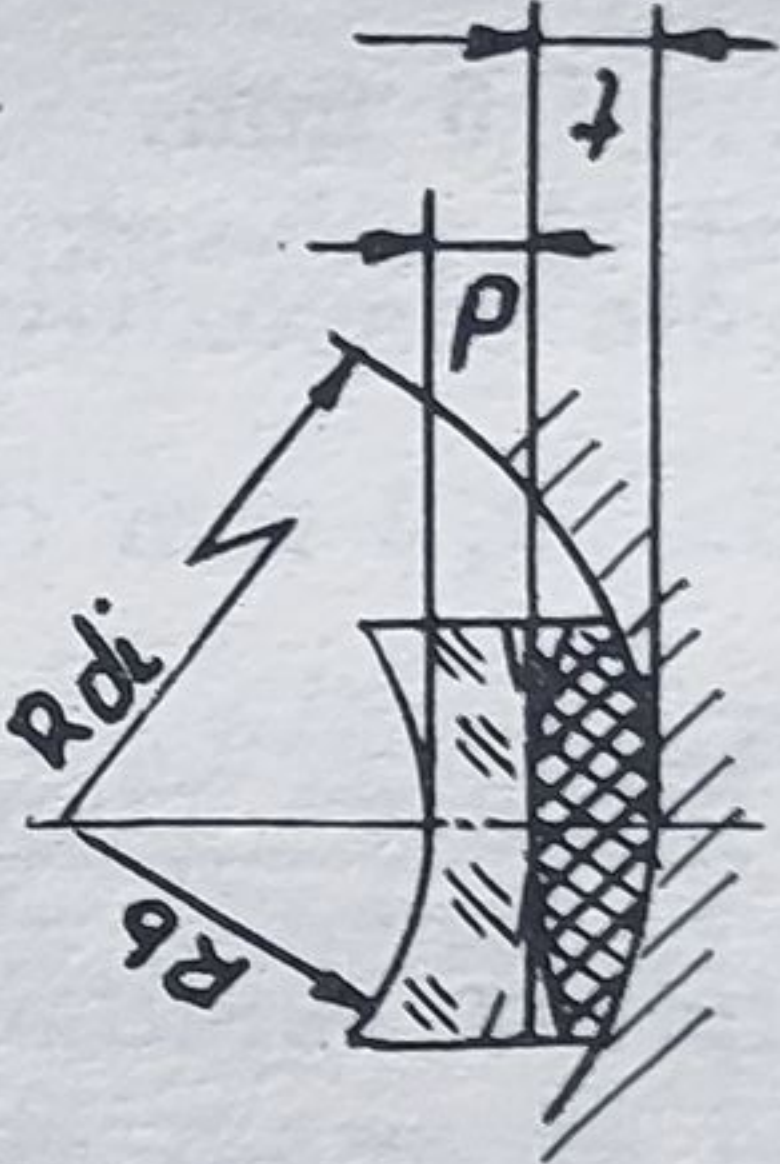
Compoziția masticului pentru blocare rigidă cuprinde: 71% colofoniu, 7% ceară specială și 22% șelac. Masticul este pregătit sub forma unor baghete cu secțiunea cu 10 x 10 mm, fiind întrebuințat sub această formă pentru aplicarea directă pe dispozitive încălzite în prealabil.

Dispozitivele pentru blocare rigidă trebuie să aibă locașuri speciale de ajustare, ale căror forme și dimensiuni depind de formele pieselor (fig. 7.4 a, b).



Tabelul 7.1

Datele pentru determinarea lui  $R_{di}$  la unele lentile (blocarea elastică)

Tipurile de lentile	Schema de blocare	Formula pentru determinarea $R_{di}$	Observații
Lentile biconvexe, plan-convexe și meniscuri pozitive		$R_{di} = R_b - d^2 - t^2$ $R_{di} = R_b - d^2 - t^2$ $R_{di} = R_b - d^2 - t^2$	Lentilă biconvexă Lentilă plan-convexă Menisc pozitiv
Lentile biconcave, plan-concave și meniscuri negative		$R_{di} = R_b + d^2 + t^2$	

Notă:  $R_{d1}$  - raza de curbură a dispozitivului de blocat



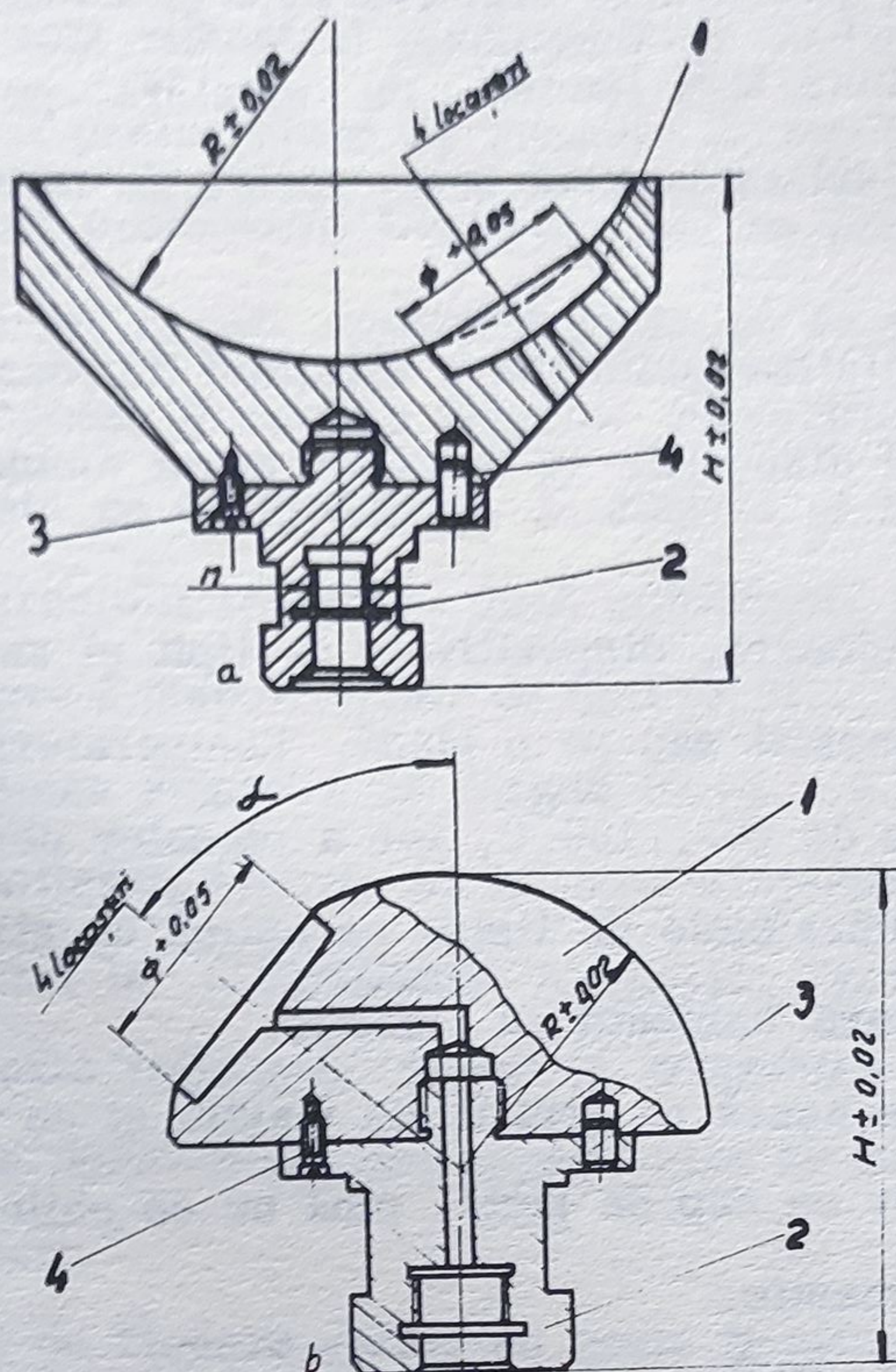


Fig.7.4. Dispozitive pentru blocare rigidă:  
a- ceașcă cu patru locașuri; b- cap cu patru locașuri;  
1- corp; 2- mufă; 3- șurub de fixare; 4- cap de centrare.

Pentru lipirea semifabricatelor cu suprafețe plane, dispozitivele au tăieturi plane, iar pentru lipirea suprafețelor convexe, adâncituri. Când curburile suprafețelor dispozitivului de lipit și ale pieselor care se lipesc nu corespund, se montează în dispozitiv șaibe de compensare.

La blocarea lentilelor cu margini subțiri, diametrul adânciturii trebuie să fie mai mic decât diametrul lentilei, pentru ca suprafața piesei care se prelucrează să iasă deasupra suprafeței dispozitivului.



Meniscurile pozitive și negative cum și lentilele cu concavitate dublă pot fi lipite fără locuri de ajustare pe suprafața dispozitivului, prin aplicarea unui strat inelar de mastic pe marginile piesei.

Pentru încălzirea uniformă a stratului de mastic, spațiul de aer dintre lentilă și dispozitiv se leagă cu aerul ambiant prin niște canale sau șanțuri.

Înainte de blocare, dispozitivele de lipit și semifabricatele se încălzesc în termostată sau pe o placă. Temperatura de încălzire a dispozitivului este de  $80...100^{\circ}\text{C}$ , iar a pieselor ceva mai redusă. După aceasta, pe suprafețele de lipire se aplică un strat subțire, de mastic sau o garnitură îmbibată cu mastic.

Lentilele se așază pe stratul de mastic și se apasă pe dispozitiv cu un bețișor cu cap de plută, până ce se obține un strat subțire și uniform de mastic.

La lipirea lentilelor, marginile lor se acoperă cu lac care trebuie să protejeze stratul de mastic față de acțiunea dizolvantă a petrolului folosit la prelucrare.

După lipirea semifabricatelor, blocurile se așază în suporturi speciale, unde se răcesc.

Caracteristicile metodei. Avantajul blocării rigide îl constituie posibilitatea de prelucrare a pieselor în blocuri la regimuri de înaltă productivitate, începând de la prelucrarea brută și terminând cu polisarea, fără prelucrarea prealabilă manuală cu bucata a semifabricatelor. Lentilele pot fi chiar frezate în blocuri, deoarece semifabricatul este fixat rigid și nu se deplasează pe dispozitiv. Tehnologia blocării este relativ simplă.



Dezavantajele metodei de blocare rigidă sînt: forma complicată și prețul de cost ridicat al dispozitivelor de lipit, deoarece ele pot fi utilizate numai pentru piese de anumite forme și dimensiuni.

În timpul prelucrării lentilelor, nu se poate verifica în mod direct grosimea lor pe ax, deoarece piesa nu se poate scoate de pe dispozitiv. De aceea, grosimea pieselor se verifică după adînciturile de control trasate pe unele lentile, în centrul și la marginile blocului. Controlul grosimii lentilelor după adîncituri, impune o precizie înaltă de executare a dispozitivelor de lipit ( $0,01 \dots 0,2$  mm) și toleranțe strînse la grosimea stratului de mastic ( $0,01 \dots 0,3$  mm). Cu toate acestea, după polisare, trebuie să se facă o ajustare finală a grosimii lentilelor pînă la dimensiunile nominale. De aceea, metoda de blocare rigidă este rațională, numai la fabricația de serie a pieselor, cînd aceste dezavantaje sînt compensate de productivitatea ridicată a prelucrării.

Metoda de blocare rigidă nu poate fi utilizată la executarea unor piese a căror grosime trebuie respectată cu mare precizie cum și a pieselor avînd suprafețe cu raze de curbura mici.

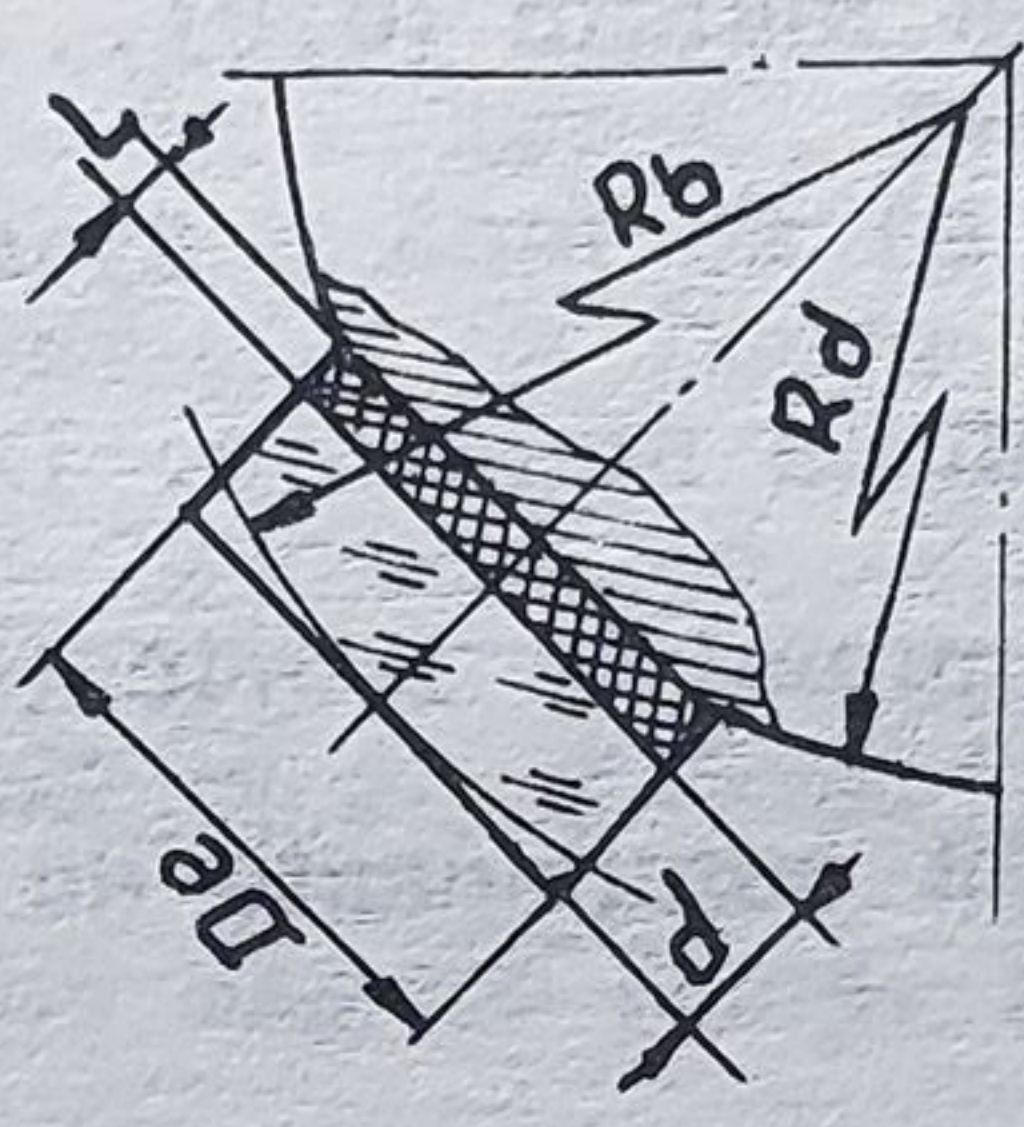
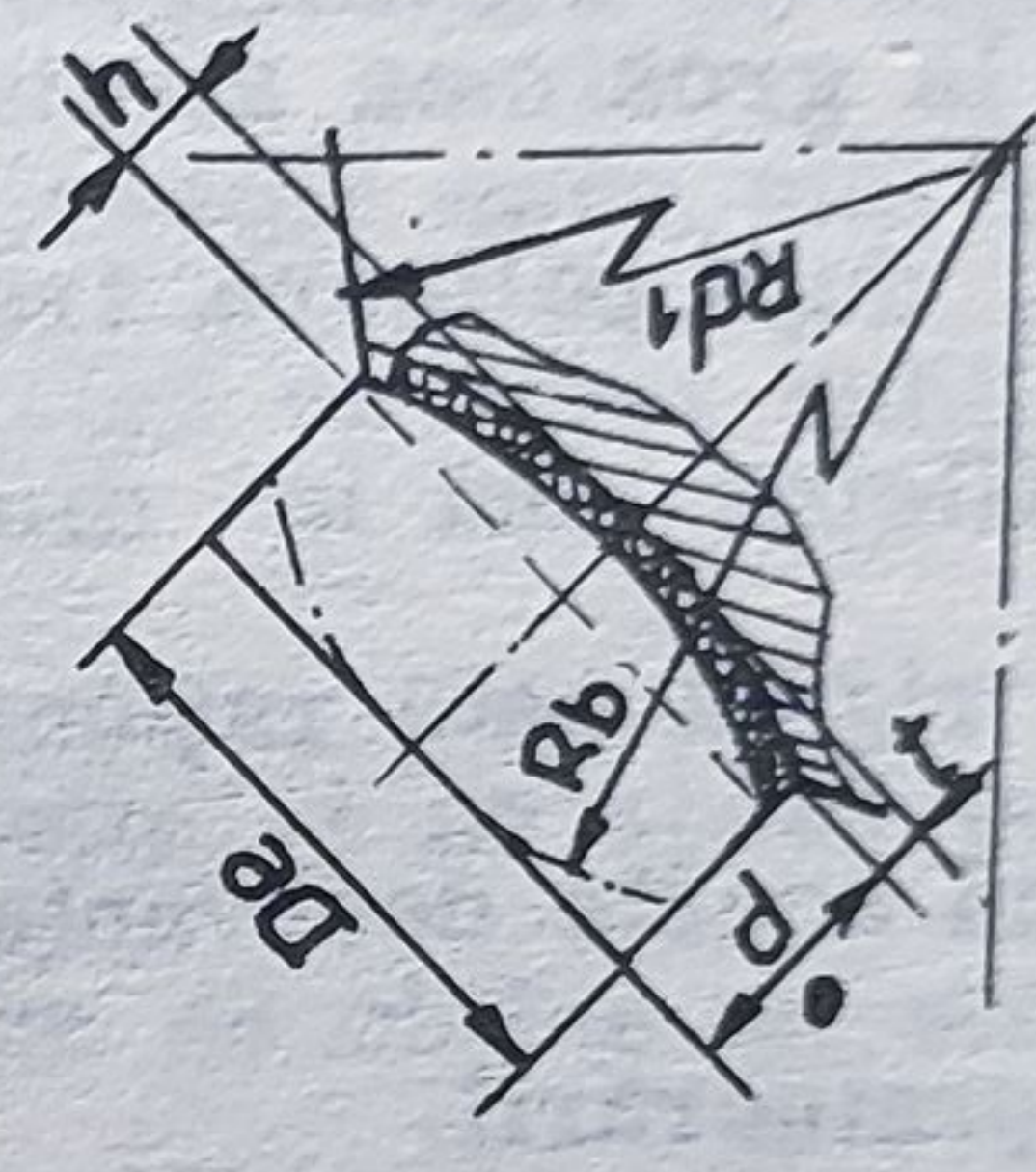
Calculul blocurilor și al dispozitivelor de blocat. Calculul blocurilor se face în mod asemănător calculului de la blocarea elastică. Particularitatea calculului dispozitivelor de blocat constă în necesitatea de a ține seama de ordinea de prelucrare a suprafețelor sferice ale lentilelor, deoarece forma suprafețelor de ajustare corespunde formei suprafețelor pieselor.

Razele de curbura ale suprafețelor dispozitivelor de blocat se determină în funcție de parametrii constructivi ai pieselor ce se prelucurează. În tabelul 7.2 se dau exemple de calcul al razelor de curbura ale suprafețelor de blocat.



Tabelul 7.2

Exemple de calcul al razelor de curbura ale suprafețelor dispozitivelor de blocat la blocarea rigidă

Nr. Tipuri de crt. lentile	Tipul semi-fabricatului	Partea ce se prelucrează	Schema de prelucrare	Formula pentru determinarea $R_{di}$
1 Biconvexe	Semifabricat plan	Prima față convexă		$R_{di} = \sqrt{\left(\frac{D_e}{2}\right)^2 + (R_b - d - t)^2}$
2 Biconvexe	Semifabricat plan	A doua față convexă		$R_{di} = \sqrt{\left(\frac{D_e}{2}\right)^2 + (R_b - d + h - t)^2}$



Înălțimea, diametrul și amplasarea locurilor de așezare ale pieselor, se calculează la fel ca la blocarea elastică.

La executarea dispozitivelor de blocat, trebuie să se asigure o precizie maximă, la prelucrarea suprafețelor sferice, a căror rază trebuie să se mențină cu abateri de cel mult  $\pm 0,02$  mm, deoarece depășirea toleranței duce la o abatere sistematică a grosimii lentilelor. Celelalte dimensiuni ale dispozitivelor se pot menține cu o precizie mai mică, deoarece ele nu influențează precizia de prelucrare a pieselor.

#### 7.5. Blocarea prismelor cu soluții care se solidifică

Această metodă de blocare constă în fixarea pieselor sau coloanelor de semifabricate în forme speciale, denumite și casete (fig. 7.5) și apoi umplerea cu o soluție ce se solidifică. După solidificare soluția fixează bine piesa.

Componentul principal al soluției este gipsul, cernut și bine uscat și fără impurități.

La amestecarea gipsului cu apă și după solidificarea soluției, gipsul suferă o creștere de volum. Dacă se toarnă o soluție de gips peste primsele 8, așezate pe discul plan 6 în interiorul unei forme, la solidificarea soluției blocul se deformează. Suprafața blocului se umflă și prismele se rotesc, din care cauză la prelucrare apare o eroare la unghiuri.

Dispozitivul de gipsare are un cep filetat 1, un capac 2 și o centură 4. Prismele 8 se așază pe discul plan 6 (fig. 7.5, a). După turnarea și solidificarea gipsului, suprafața blocului se umflă și prismele se rotesc cu unghiul  $\Delta \alpha$  (fig. 7.5, b, c). După rodarea prismelor



pe platoul 6, pe aceasta se pun trei lame din sticlă 5, de 2-3 mm grosime; aceste lame permit ca prismele să depășească marginile centurii. Jocul dintre platou și centură se umple cu rumeguș umed 7 sau cu un strat de ceară de colofoniu. După așezarea centurii se toarnă soluția 3. Adaosul de prelucrat este notat cu 9.

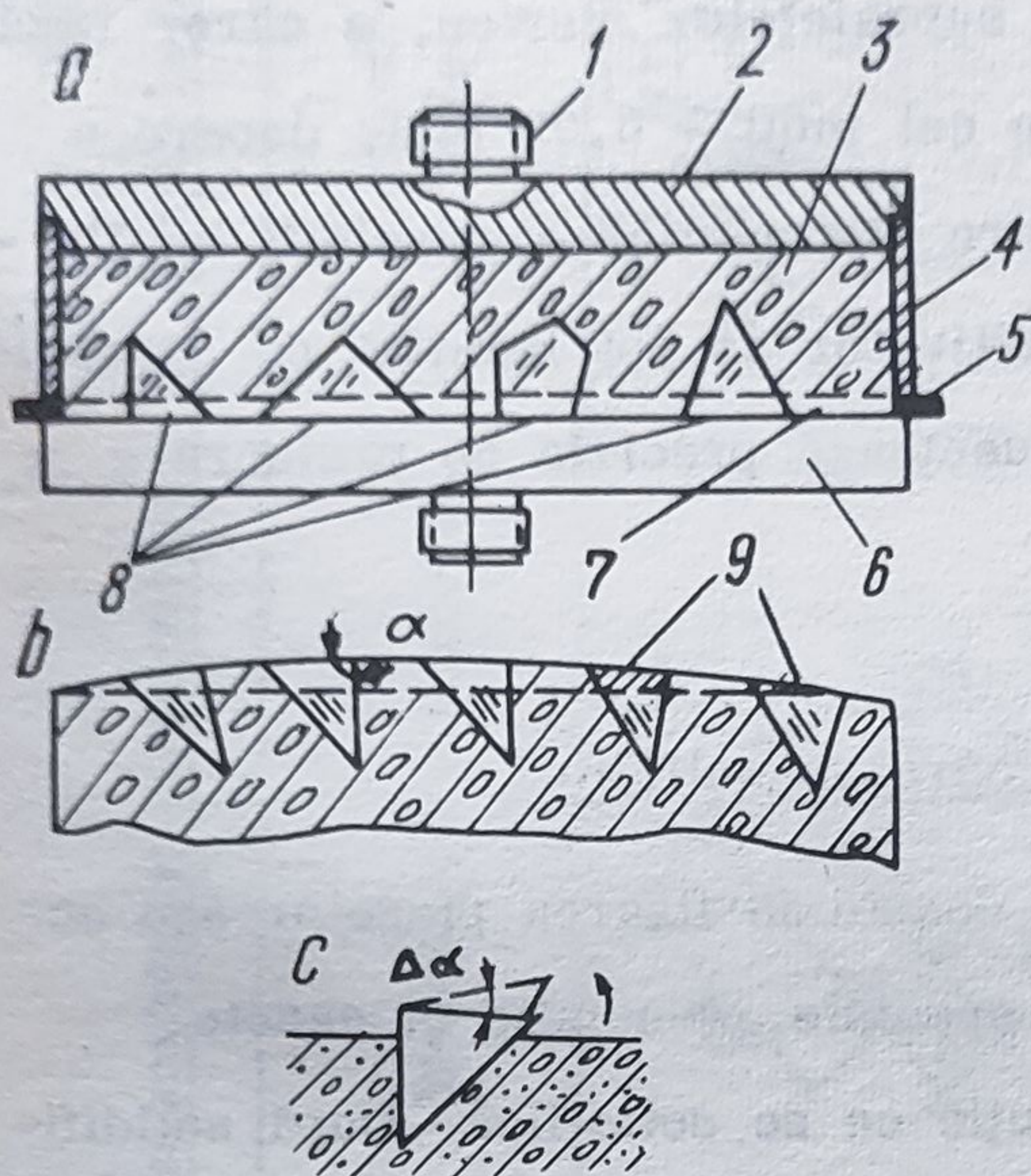


Fig. 7.5. Blocarea prismelor.

sau cu un strat de ceară de colofoniu. După așezarea centurii se toarnă soluția 3. Adaosul de prelucrat este notat cu 9.

Capacitatea gipsului de a deforma blocul se caracterizează prin mărimea dilatării specifice a gipsului exprimată prin lungirea unei probe ( $\mu\text{m}/\text{cm}$ ). După mărimea dilatării specifice se disting trei sorturi de gips; pentru primul sort, această mărime nu depășește  $4 \mu\text{m}/\text{cm}$ , pentru al doilea  $10 \mu\text{m}/\text{cm}$ , iar pentru al treilea  $20 \mu\text{m}/\text{cm}$ .

La alegerea sortului de gips, trebuie să se aibă în vedere forma prismelor, toleranțele de precizie de execuție a unghiurilor lor și calitatea suprafețelor. Pentru prismele cu precizie mică, și relativ greu deformabile, se folosesc sorturile doi și trei. Pentru prismele cu o precizie de execuție a unghiurilor de  $2...3'$  se folosesc primul sau al doilea sort.

Cantitatea de apă necesară pentru solidificarea gipsului se calculează cu formula:

$$Q = \left(1 - \frac{P}{2\ 550}\right) A,$$

în care:

- $Q$  este cantitatea de apă, în  $\text{cm}^3$ ;
- $P$  - masa unui litru, în g;
- $A$  - cantitatea de gips, în g;
- $2\ 550$  - greutatea specifică medie a gipsului, în  $\text{g}/\ell$ .



Temperatura apei trebuie să fie de circa  $15^{\circ}\text{C}$ , deoarece la o temperatură mai coborâtă priza se încetinește.

Timpul din momentul amestecării gipsului cu apă și pînă la turnarea blocului, trebuie să fie 1...2,5 minute.

Rezistența fixării pieselor după cinci ore de la solidificarea soluției nu trebuie să fie sub  $1\text{ daN/cm}^2$ , de suprafață fixată a piesei.

Înainte de blocare, suprafețele ce se prelucurează se curăță bine și se spală.

Pentru ca suprafețele prelucrate ale prismelor să fie corecte ele se rodează pe un platou, a cărui față este menținută cu mare precizie.

Prisme pot fi blocate pe un platou avînd temperatura camerei sau fiind ușor încălzit.

În timpul rodării, prismele se așază în așa fel încît suprafața platoului să fie utilizată la maximum.

După rodarea prismelor, pe marginile platoului se pun trei lame din sticlă de 2...3 mm grosime; aceste lame permit ca prismele să depășească marginile centurii.

Jocul dintre platou și centură se umple cu rumeguș umed, sau se toarnă un strat de ceară de colofoniu, pentru reținerea soluției de gips la turnare.

După așezarea centurii se toarnă soluția de blocare. După ce soluția a făcut priză, blocul se scoate de pe platou, încălzindu-l în prealabil, pentru ca parafina să se înmoaie.

Blocul se întoarce și se curăță de rumeguș cu o perie. Dacă spațiile dintre prisme s-au umplut cu ceară cu colofoniu, ele se îndepărtează cu o perie moale îmbibată cu solvent.



După aceasta, suprafața blocului se usucă cu un jet de aer cald și se acoperă cu un strat de lac protector. Când lacul se solidifică, se curăță de pe suprafețele prismelor cu o lopățică lată ascuțită.

Reducerea deformației blocului la solidificarea soluției, se realizează prin diferite procedee.

Unul dintre acestea este ca, înainte de blocare, să se sorteze prisme după mărimea erorilor la unghiuri și după forma piramidală, așezându-le pe bloc cu considerarea compensării acestor erori la deformarea sa. La deformările mari ale blocului se recomandă a-l forma din nou. Determinarea deformațiilor suprafețelor blocului se face cu un calibru optic.

Un alt procedeu prevede înlocuirea centurii rigide cu o centură din cauciuc, datorită căreia amestecul de gips are posibilitatea să se dilate în toate direcțiile, umflarea suprafeței blocului reducându-se foarte mult.

Caracteristicile metodei. Metoda de gipsare este foarte simplă, iar dispozitivele sînt ieftine și universale, permițînd blocarea unor piese de forme diferite. Dezavantajele metodei constau în deformarea blocului la solidificarea soluției și timpul mare de priză a gipsului.

Metoda se folosește în special la prelucrarea prismelor de precizie medie (toleranța la unghi de 4...7', calitatea suprafeței de 1...1,5 inele de interferență.)

Metoda de gipsare poate fi folosită și la prelucrarea unor piese izolate mari, cum și a semifabricatelor din cuarț.



## 7.6. Metode precise de blocare a pieselor

Metodele precise de blocare se aplică cu scopul de a reduce la minimum deformațiile suprafețelor pieselor. Ele se realizează prin două metode principale:

- lipirea pieselor pe dispozitive cu ajutorul unor straturi de mastic aplicate pe suprafețe mici;
- prinderea pieselor fără folosirea masticului și a prinderilor metalice, prin așa-numitul contact optic.

În afara acestor metode de blocare, a început să se folosească o metodă de blocare prin presare cu ajutorul unui dispozitiv special numit separator.

Blocarea prin lipire. Această metodă se folosește în special pentru fixarea meniscurilor subțiri negative și a lamelor plan-paralele (fig. 7.6).

Fixarea meniscurilor subțiri negative este reprezentată în figura 7.6, a, iar a lamelor plan-paralele în figura 7.6, d. Reducerea suprafeței stratului de mastic se realizează prin folosirea unor bile de mastic (fig. 7.6, a și d) și a unor inele de mastic (fig. 7.6, b și c). La lipirea unor lame plane 1 cu bile de mastic 2 piesa se sprijină pe dispozitivul 3 cu bilele de rulmenți 4 pentru a evita deformările.

În figura 7.6, c este reprezentată blocarea cu ajutorul unui inel de mastic, a unor lame plan-paralele cu diametrul de 80...100 mm,

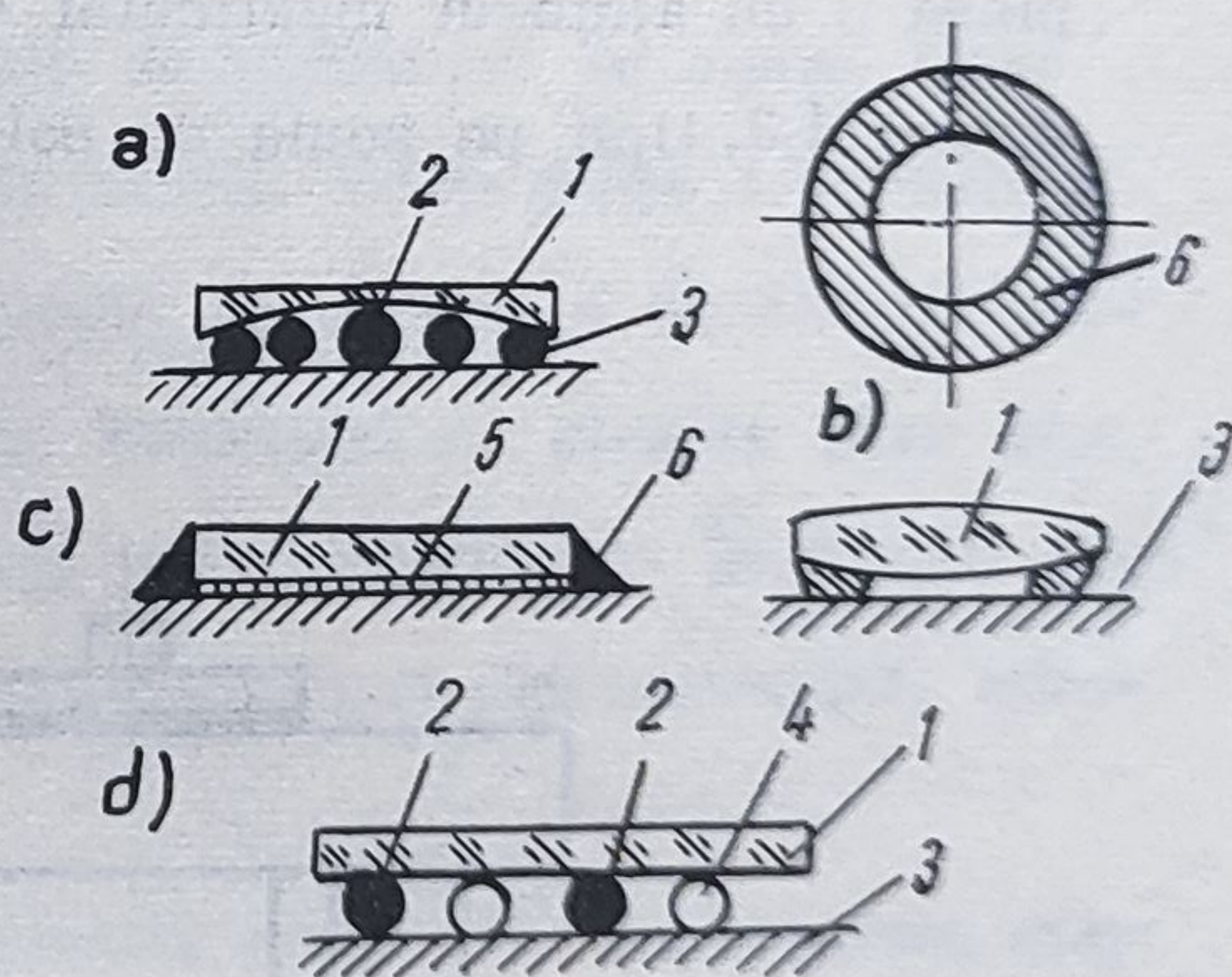


Fig. 7.6. Schema blocării precise a pieselor prin lipire :  
a și d- cu bile din mastic ;  
b și c- cu inele din mastic.



prelucrate cu o precizie de 0,5 benzi de interferență. Piesa 1 se așază pe garnitura 5 din mătase și se lipește pe platonul cu inelul de mastic 6, așezat pe marginea piesei.

Blocarea prin contact optic. Blocarea prin contact optic se folosește la prelucrarea prismelor penelor optice și a lamelor plan-paralele cu o precizie a unghiurilor de circa  $2...5''$  și o calitate a suprafeței până la 0,1 benzi de interferență. Această metodă se bazează pe forțele de aderență moleculară a două suprafețe din sticlă plane, precis polisate și a unui dispozitiv special. Suprafețele pieselor îmbinate prin contact trebuie să fie prelucrate cu o precizie până la 3...5 inele de interferență. Suprafața dispozitivului de contact se prelucrează cu precizie până la 0,2 benzi de interferență.

Blocarea între piesele 1 și dispozitivul 2 (fig. 7.7, a) se face prin aderență moleculară. Dispozitivul de contact se lipește de piesa 3 cu ajutorul masticului 4. Suprafețele pieselor se polizează pe suportul 3, lipit pe scula de polisat 6.

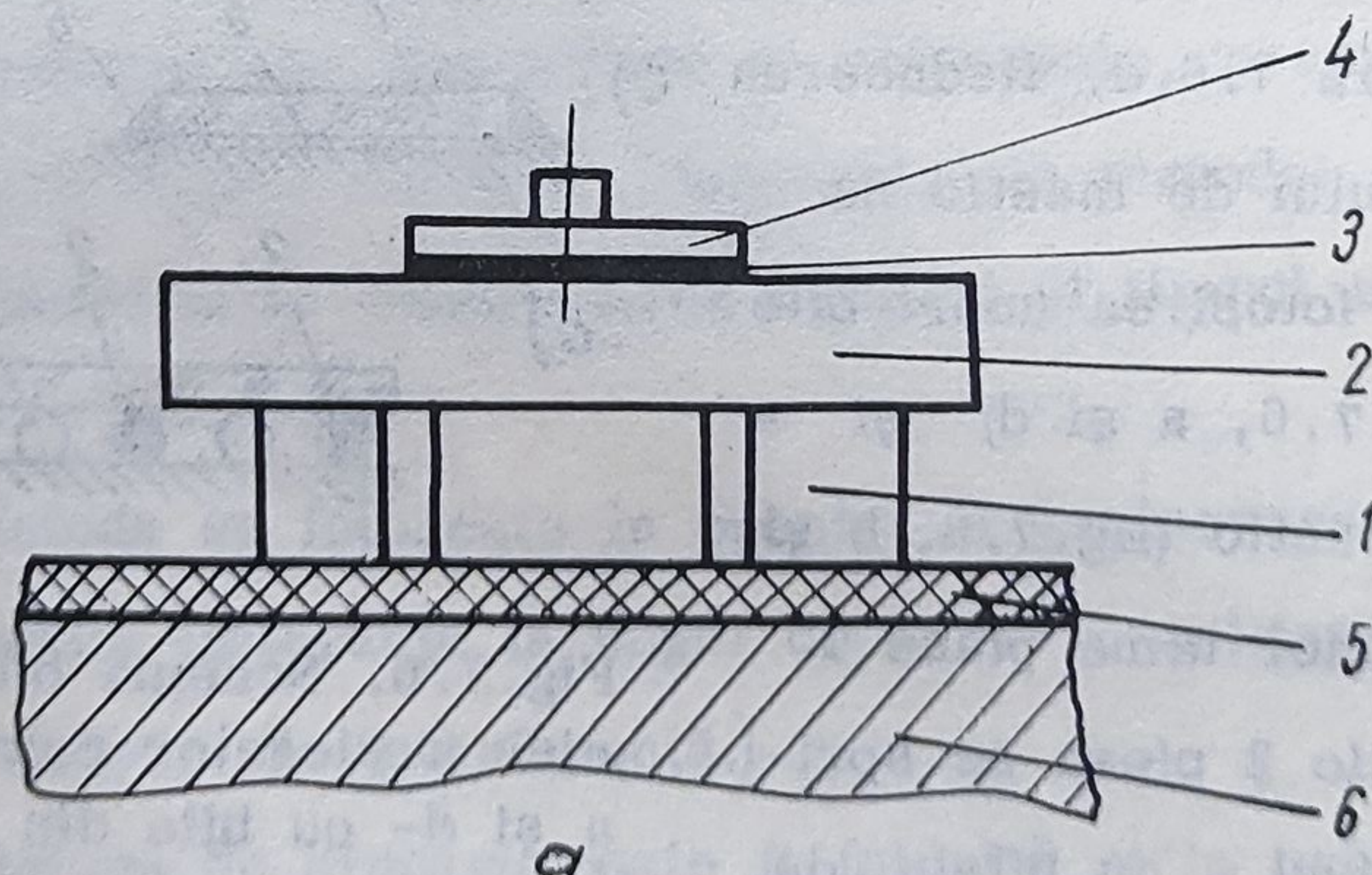


Fig. 7.7. Blocarea prin contact optic.



La blocarea lamelor plan-paralele, grosimea pieselor se controlează prin măsurarea grosimii totale a pieselor împreună, cu dispozitivul de contact. De aceea, este necesar ca abaterea unghiulară să nu depășească 1...2".

Dispozitivul de contact 2 se lipește de piesa de antrenare 4 cu ajutorul masticului 3. Suprafețele pieselor optice se polizează pe suportul 5, lipit pe dispozitivul pentru polisare 6. Înainte de blocare, suprafețele pieselor și ale dispozitivului, trebuie să fie bine uscate și șterse.

Piese se desprind de pe dispozitivele de contact prin răcire sau încălzirea neuniformă a blocului precum și prin îmbinarea cu eter a suprafețelor de contact.

Blocarea prin presare cu ajutorul unui separator. Această metodă de blocare se aplică lamelor subțiri plan-paralele, folosind un dispozitiv special (fig. 7.8). Piese de prelucrat se așază liber în găurile separatorului 3 executat din sticlă. Între piesa 1 și pereții găurii există joc. Separatorul se lipește cu mastic 4 de platoul metalic 5 fixat pe mașină ce se rotește împreună cu piesele care sînt apăsate pe scula de polisat cu ajutorul unor greutateți 2. În timpul prelucrării, piesele se deplasează în limitele găurii dispozitivului, efectuînd o mișcare înceată de rotație.

Blocarea cu ajutorul separatorului constă în următoarele operații: piesele de prelucrat de formă cilindrică, se așază liber în găurile dispozitivului. Între piese și pereții găurii există un joc. Dispozitivul se lipește pe platoul metalic, fixat pe mașină. El se rotește împreună cu piesele ce sînt apăsate pe scula de polisat de către greutateți. În timpul prelucrării piesele se deplasează în limitele găurii dispozitivului, efectuînd o mișcare lentă de rotație.



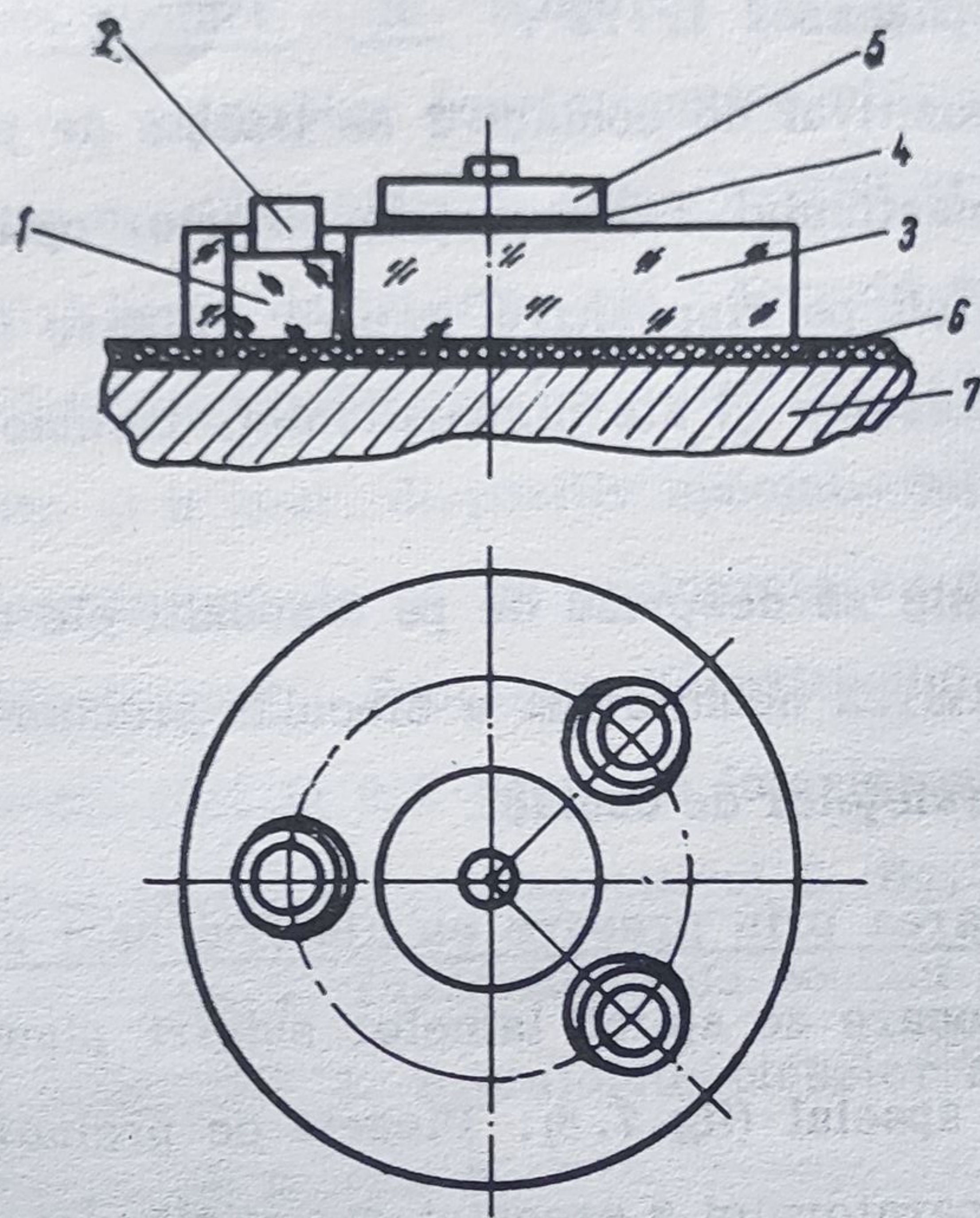


Fig.7.8. Blocarea prin presare cu ajutorul unui separator.

### 7.7. Lăcuirea

Lăcuirea suprafețelor pieselor optice se aplică în următoarele cazuri:

- pentru protejarea suprafeței polisate;
- pentru acoperirea suprafețelor șlefuite inactive ale pieselor în scopul reducerii reflexelor de lumină;
- pentru mărirea aderenței masticurilor la suprafața lentilei.

Acoperirile de protecție ale suprafețelor polisate trebuie să protejeze suprafețele față de acțiunile mecanice sau chimice, să se



poată îndepărta ușor prin spălare și să nu se formeze depuneri pe suprafețe. Pentru a ușura examinarea suprafeței, este bine ca acoperirile să fie de culoare închisă. De obicei, se folosește șelacul și diferite lacuri sintetice.

Șelacul este o rășină naturală a unor plante tropicale, avînd culoarea galbenă-roșiatică. Principalele elemente componente ale șelacului sînt: 75% rășină, 6% lac; restul apă și substanțe insolubile. Șelacul are capacitatea de a mări elasticitatea și rezistența mecanică. Șelacul este solubil în alcalii (de exemplu o soluție de borax - 23 g la un litru de apă); în alcool, fiind insolubil în eter de petrol și în benzină. Temperatura de înmuiere a șelacului este de circa 45...  
...75°C.

Lacurile de protecție sintetice au diferite compoziții, cele mai răspîndite fiind lacurile nitro și nitroemail.

Lăcuirea se efectuează în două situații:

- la lentile prelucrate (polisate) ce se află pe blocuri și ale căror suprafețe trebuie protejate pentru reluarea ciclului sau pentru operații finale.
- la lentile singulare ce sînt pregătite pentru chituire sau blocare.

Posibilitățile de aplicare a peliculelor de lac sînt multiple. De exemplu:

- la lentile blocate lacul se aplică cu pensula și numai pe suprafața lentilelor deoarece acoperirea cu lac și a dispozitivelor creează greutate la curățirea acestora;

- la lentile singulare lacul poate fi aplicat prin pulverizare.

Stratul de lac trebuie să fie subțire și uniform neadmițîndu-se porțiuni neacoperite umbre sau bule. După lăcuire piesa tre-



buie uscată pînă cînd lacul nu se mai lipește de degete. În cazul producției în serie mare sau în masă instalațiile de lăcuit sînt amplasate conform fluxului tehnologic, iar uscarea se face în tunele folosindu-se surse de radiații infraroșii.

După terminarea lucrului se vor curăța instalațiile pentru a preîntîmpina înfundarea cu lac a duzelor.

#### 7.8. Deblocarea pieselor

Deblocarea pieselor constă în scoaterea acestora de pe dispozitivele de blocat după ce au parcurs un ciclu de prelucrare a unei suprafețe și este necesară reluarea ciclului pentru cealaltă suprafață sau a operațiilor de finalizare (degresare-control).

După polisarea lentilelor, blocul se spală cu apă caldă pentru a fi îndepărtate urmele de oxid sau oxidul depus pe marginea lentilelor. După spălare blocurile se usucă și apoi sînt șterse cu cîrpă de finet. Cu ajutorul unei lămpi cu incandescență (60-100 W) montată pe mașină se verifică fiecare lentilă. Lentilele care prezintă defecte de suprafață (pori, rizuri, înțepături) sînt însemnate cu ajutorul unui dermatograf în vederea reluării ciclului. Lentilele bune sînt lăcuite pentru a proteja împotriva zgîrierii.

După aceste lucrări pregătitoare se trece la deblocarea propriu-zisă a lentilelor.

Se folosesc următoarele metode de deblocare: mecanică, prin încălzire și prin răcire:

- Deblocarea mecanică. La blocarea elastică, lentilele se desfac prin lovire cu un ciocan de lemn sau prin desprinderea turte-  
lor de mastic de pe lentile cu un cuțit. Lovitura se aplică, fie pe



marginea lentilei sau a masticului (lentile cu margini groase), fie numai pe pernă de mastic (lentile cu marginile ascuțite).

La fixarea rigidă, blocurile de lentile convexe se deblochează cu ajutorul unei dălți din lemn introdusă în canalele speciale ale dispozitivului de blocat. Blocurile concave se deblochează prin lovire cu un ciocan de lemn pe suprafața exterioară a blocului.

La deblocarea prismelor gipsate, se scoate fundul dispozitivului de blocat, se întoarce blocul și, lovind uniform pe centura sa, se desprinde gipsul de pe prisme. Spargerea blocului de gips și desprinderea gipsului de pe prisme se fac cu un ciocan de lemn. Gipsul se îndepărtează de pe suprafețele șlefuite, prin frecarea lor cu o pîslă sau cu o piatră ponce pe un disc din pîslă.

- Deblocarea prin încălzire. Metoda se folosește îndeosebi la fixarea rigidă a pieselor. Blocul cu piese se încălzește pînă la temperatura de topire a masticului după care lentilele se scot manual sau pentru a evita contactul cu piesa încălzită se scoate cu ajutorul unor dispozitive cu vacuum.

Această metodă se poate aplica și la scoaterea lentilelor blocate elastic și anume a lentilelor concave cu diametru și grosime mică.

Dezavantajul aplicării acestei metode constă în faptul că în concavitatea lentilelor rămîne o cantitate mai mare de mastic ce nu mai poate fi îndepărtat decît prin dizolvare cu solvenți organici.

- Deblocarea prin răcire, constă în introducerea blocurilor cu piesele după ce au fost lăcuite în instalații frigorifice care pot asigura  $-30...-40^{\circ}\text{C}$ , menținîndu-se un timp de  $0,5...1$  h în funcție de dimensiunile blocului. Datorită diferenței de coeficient de contracție între metal și pernă se produce desprinderea masticului de pe dispozitiv, lentilele fiind astfel ușor deblocate.



## 7.9. Spălarea pieselor

Spălarea suprafețelor pieselor optice la confecționarea lor constă în spălarea preliminară și spălarea finală. Spălarea preliminară se utilizează în timpul efectuării diferitelor operații principale de prelucrare a sticlei ; la degroșare, la frezare, la șlefuire, la polisare cum și după terminarea acestor operații. Spălarea finală a pieselor, reprezintă o operație specială aplicată asupra suprafețelor pieselor înaintea unor procese deosebite cum ar fi argintări, aplicarea unor pelicule transparente, lipirea pieselor etc.

În timpul prelucrării, piesele trebuie spălate pentru a îndepărta particulele abrazive, nămolul uzat, peliculele de protecție și diferitele impurități. Deosebit de îngrijit se spală suprafețele polisate în vederea controlării lor. Pentru spălarea pieselor se folosesc lichide de spălare și diferite materiale de șters.

7.9.1. Lichidele de spălare. Lichidele de spălare sau solvenți, trebuie să aibă o capacitate de dizolvare bună, să nu provoace depuneri pe suprafața sticlei și să nu fie toxice. Este recomandabil ca ele să nu fie inflamabile. Ca lichide de spălare se folosesc: apa curată, soluții calde de leșii în apă, și solvenți organici.

Cu apă la temperatura camerei se spală piesele la prelucrările preliminare (degroșare sau șlefuire brută).

Pentru spălarea cu leșii a pieselor optice, se pot folosi următoarele soluții:

- sodă caustică sau potasă caustică dizolvate în apă distilată;
- soluții speciale de sodă sau potasă;
- soluție de 0,5% săpun în apă;
- soluții de 10% acizi (acetic, clorhidric, sulfuric).



Se mai utilizează și soluții de borax (23 g borax la un litru de apă caldă).

Solvenții organici îndepărtează cel mai bine de pe suprafața sticlei substanțele organice cum ar fi grăsimile și lacurile. Calitățile solvenților organici sînt: punctul de fierbere coborît și deci o volatilitate mare la temperatura obișnuită; greutate specifică mică, temperatură coborîtă de înghețare, lipsa culorii și mobilitate ușoară datorită tensiunii superficiale mici.

Solvenții organici sînt foarte inflamabili, în special eterul și din această cauză, trebuie depozitați în vase închise ermetic, așezate într-o încăpere specială. Nu se admite ca solvenții să conțină particule solide în suspensie. Datorită faptului că solvenții se impurifică foarte ușor, trebuie avută în vedere curățenia deosebită a vaselor și a aparaturii de manipulare a lor.

Alcoolul etilic rectificat este un lichid incolor care se amestecă bine cu apa. Alcoolul etilic nu trebuie să conțină alcool metilic și alte impurități. Tăria lui nu trebuie să scadă sub 98,5%.

Eterul etilic este un lichid incolor, cu miros destul de plăcut, ușor inflamabil și volatil. În eter nu trebuie să existe peroxizi și aldehide. Se interzice curățirea pieselor numai cu eter etilic deoarece atunci cînd nu este suficient de pur, poate provoca depuneri pe suprafața pieselor.

Eterul de petrol se obține prin distilarea benzinei de aviație. Eterul nu trebuie să conțină impurități mecanice, rășini și apă.

Benzenul este o combinație a carbonului cu hidrogenul, din clasa hidrocarburilor aromatice. Benzenul purificat este un lichid incolor, transparent și foarte inflamabil.



Acetona, este un lichid cu miros caracteristic, amestecându-se bine cu apa. Este un bun solvent pentru multe substanțe.

Benzina este un lichid incolor ușor inflamabil. Benzina pentru spălarea pieselor nu trebuie să conțină impurități mecanice, apă, acizi minerali și alcalii.

În afara acestor solvenți se mai folosesc acetatul de amil și tetraclorura de carbon. În tabelul 7.4 se indică caracteristicile principalilor solvenți organici.

Tabelul 7.4

Proprietățile principale ale solvenților chimici

Solven- tul	Formula chimică	Greutatea specifică	Temperatura de (°C)		Materiale dizolvate
			Fierbere	Ingheț	
Alcool etilic	$C_2H_5OH$	0,806	78,3	-114,15	Colofoniu, șelac, săpunuri, smoală; dizolvă slab uleiuri minerale și grăsimi animale
Eter etilic	$(C_2H_5)_2O$	0,719- -0,720	35,6	-117,6	Grăsimi, colofoniu parafină, unele rășini
Benzen	$C_6H_6$	0,873	80,08	-5,48	Ceară, gudron de ulei
Acetonă	$CH_3COCH_3$	0,797	57,5	-93,9	Colofoniu
Tereben- tină	$C_{10}H_{16}$	0,855- -0,872	152- -156		Ceară parafină

Regenerarea solvenților. Solvenții folosiți trebuie colectați cu grijă și curățiți de impurități în vederea reutilizării lor. Solvenții se regenerează prin distilare, adică prin transformarea solventului în vapori, urmată de răcire. Impuritățile se depun prin separare mecanică.



#### 7.10. Materiale de șters

După spălare, piesele se șterg cu lavete. Înainte de control, firele de praf se îndepărtează cu ajutorul periilor.

Pentru spălarea pieselor cu solvenți și la ambalarea pieselor polisate, se folosește vata.

Materialele de șters nu trebuie să zgârie sau să impurifice suprafețele polisate.

Pentru lavete se folosesc țesături având minimum de scame, de exemplu, flanelă albă plușată, pânză albită, pânză de in spălată.

Pensulele trebuie să fie moi, de preferință cu păr de veveriță sau dihor. Înainte de utilizare, pensulele se spală bine în alcool sau benzină și se usucă. Părul pensulei trebuie prins pe mâner prin presare cu o bucsă și nu prin lipire.

Vata din bumbac selecționat se folosește sub formă degresată.

### Capitolul 8

#### DEBITAREA MANUALĂ A STICLEI

Prima operație de prelucrare preliminară a sticlei este debitarea. După felul piesei optice, aceasta se debitează din plăci de sticlă optică, cristal sau geam tras sau șlefuit și din blocuri de sticlă optică.

Alegerea metodei de debitare este în funcție de configurația și dimensiunile sticlei din care se face debitarea.



Debitarea semifabricatelor din plăci de sticlă optică sau geam tras comportă următoarele operații: trasare, crestare și despicare. Pentru debitarea blocurilor de sticlă optică în plăci, tăierea se face cu discuri diamantate sau cu abraziv liber, pe mașini de debitat sau prin alte metode.

Înainte de trasare, se verifică dacă materialul sosit în atelier corespunde cu certificatul de calitate și cu desenul piesei. În continuare, se controlează dacă în bloc sau în placa de sticlă sînt zone care au bule sau striuri ce depășesc toleranța admisă pe desen; aceste zone sînt evitate. Incluziunile filiforme se caută să se orienteze pe direcția de propagare a razei de lumină, fiindcă în acest fel nu influențează buna funcționare a piesei, adică nu înrăutățesc calitatea imaginii date de piesa optică executată.

### 8.1. Trasarea

Trasarea se execută folosind un creion de aluminiu sau cu metal dur (vidia) pentru suprafețe mate, și un creion dermatograf (moale) pentru suprafețe polisate.



Placa de sticlă mată este unsă cu petrol pentru a se observa bulele și pentru a prinde creionul de trasare.

Fig. 8.1. Trasarea plăcii de sticlă în vederea debitării.

În figura 8.1 se arată modul în care se execută trasarea pe o placă de sticlă. Pentru executarea trasării se folosesc rigle metalice și echere.



## 8.2. Crestarea

Crestarea se execută pe urma lăsată la trasare, utilizând cuțite cu diamant, role din carburi metalice sau cuțite cu plăcuțe din carburi metalice (fig. 8.2).

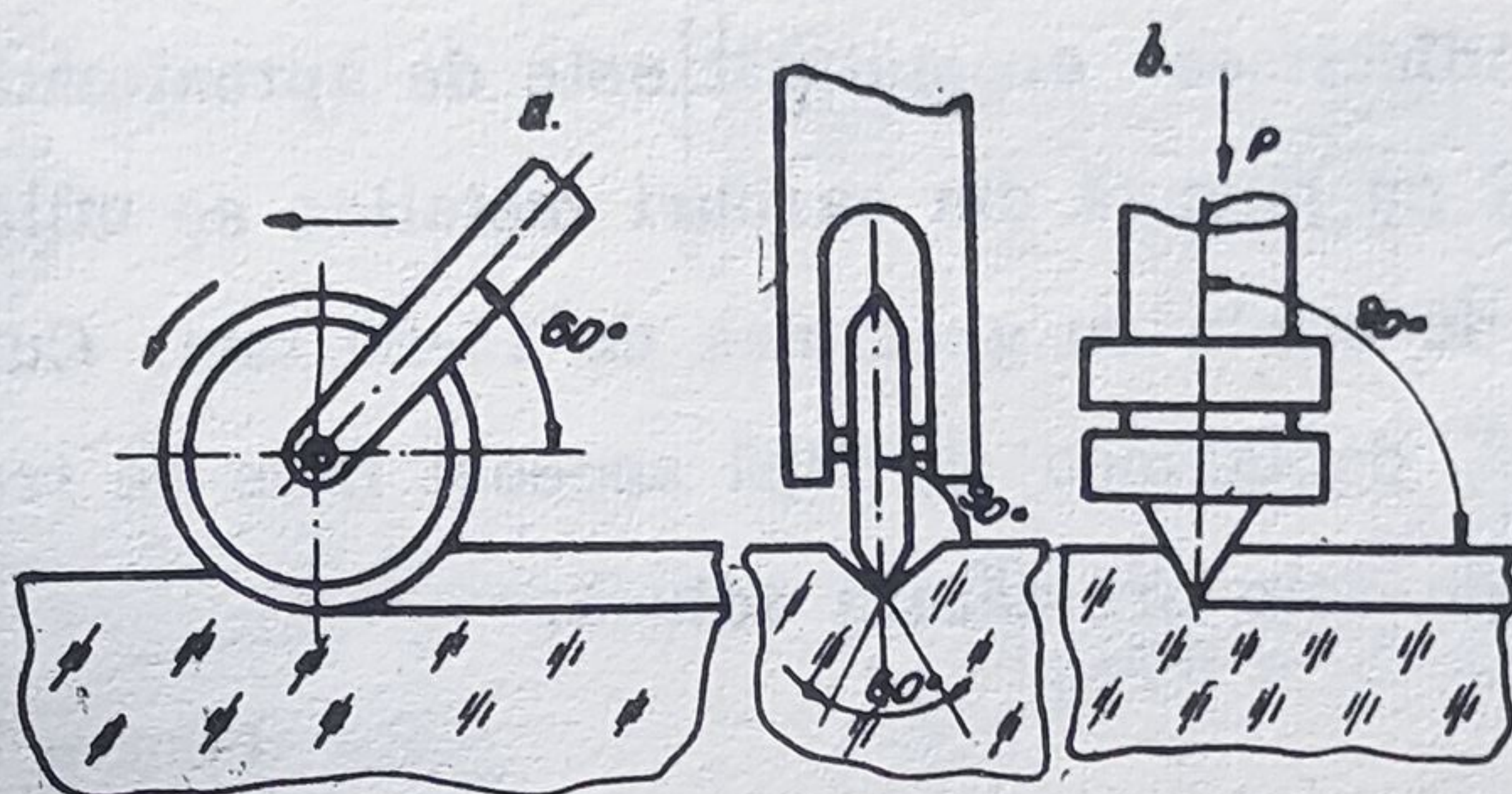


Fig. 8.2. Crestarea sticlei:  
a- cu role; b- cu diamant.

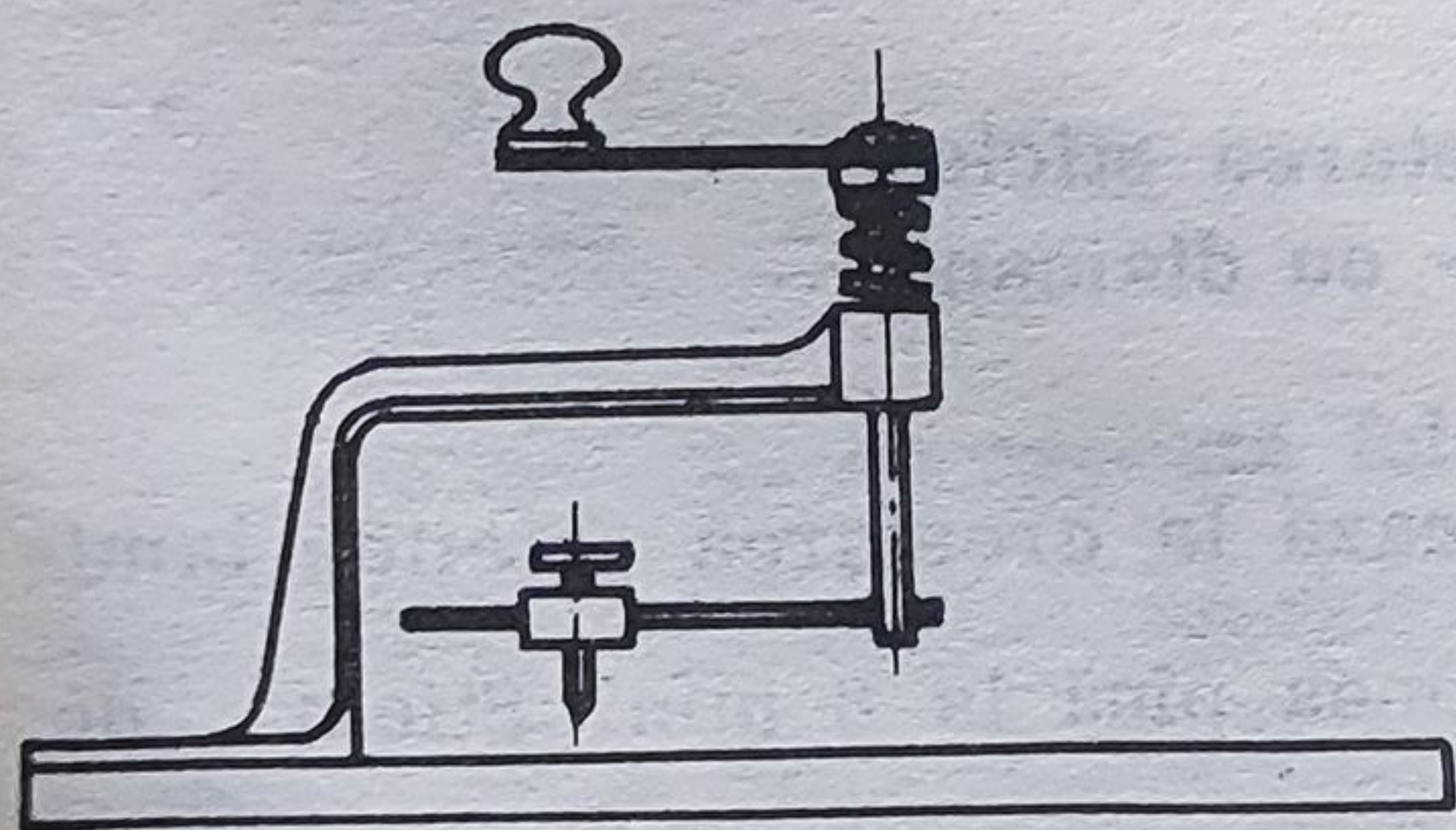
Cuțitul cu diamant se utilizează la crestarea plăcilor laminate, șlefuite sau polisate, cu grosimea pînă la 8 mm. Sticla de crestare se așază pe un strat de pîslă. Dacă pe sticlă nu s-au trasat liniile după care se face crestarea, sub sticlă se introduce un șablon, constituit dintr-o hîrtie albă pe care sînt desenate liniile drepte după care trebuie să se facă crestarea.

Cuțitul cu diamant, așezat perpendicular pe suprafața plăcii de sticlă, este apăsător cu o mică forță  $P$ , asupra sticlei și sprijinit lateral de o riglă. Cuțitul se deplasează o singură dată de-a lungul liniei trasate, realizînd o crestătură și o fisură în adîncime. Crestăturile nu trebuie să se intersecteze, iar cuțitul nu trebuie să treacă a doua oară prin aceeași crestătură, deoarece diamantul de pe cuțit se deteriorează.



Rola din carburi metalice se utilizează la crestarea plăcilor de sticlă șlefuite sau polizate, cu grosimea de pînă la 10 mm. Rola (fig. 8.2, a), fixată în suport, are pe circumferință o muchie ascuțită formată de intersecția, la un unghi de  $60^{\circ}$ , a două suprafețe conice. Pentru crestare, rola se apasă ușor cu forța  $P$  și se trage pe sticlă, în sensul săgeții, suportul avînd o înclinare de  $60^{\circ}$  față de direcția de tragere. Unghiul lateral de poziționare a rolei față de placa de sticlă este de  $90^{\circ}$ . Adîncimea crestăturii este de aproximativ 0,3 mm.

Cuțitul cu plăcuță din carburi metalice se utilizează la crestarea plăcilor de sticlă cu grosimea de 15-20 mm. Cuțitul trebuie apăsat puternic, deplasîndu-se după aceeași linie de trasare de cîteva ori, obținîndu-se o crestătură adîncă.



Pentru executarea trăsării semifabricatelor circulare se folosește dispozitivul special de trasat, reprezentat în figura 8.3.

Fig. 8.3. Dispozitiv special de trasat și crestat circular.

### 8.3. Despicarea

Plăcile de sticlă se despică, după crestare, printr-o ușoară lovire cu ciocanul, pe partea opusă zgîrieturii. La plăcile de sticlă cu grosimea de pînă la 4 mm nu este necesară utilizarea ciocanului. Este indicat ca despicarea să se facă pe liniile scurte ale crestăturii. Semifabricatele de dimensiuni mari se așază pe fetru sau pîslă, deoarece fetrul sau pîsla amortizează loviturile și sticla nu se tensiunează în masă. La despicarea pe dorn (fig. 8.4, b), sticla de despi-



cat 1 se așază cu creșătura de-a lungul dornului 3 și se aplică pe partea opusă a sticlei lovituri cu un dorn 2, cu greutatea de 100... 400 g. Sub sticlă se așază garnituri de pîslă.

Plăcile de sticlă cu grosimi mai mari de 10 mm se despică cu ajutorul preseii, cu o precizie de  $\pm 2,5$  mm. Sticla 1 (fig. 8.4, c) se așază pe masa preseii, peste o bucată de cauciuc.

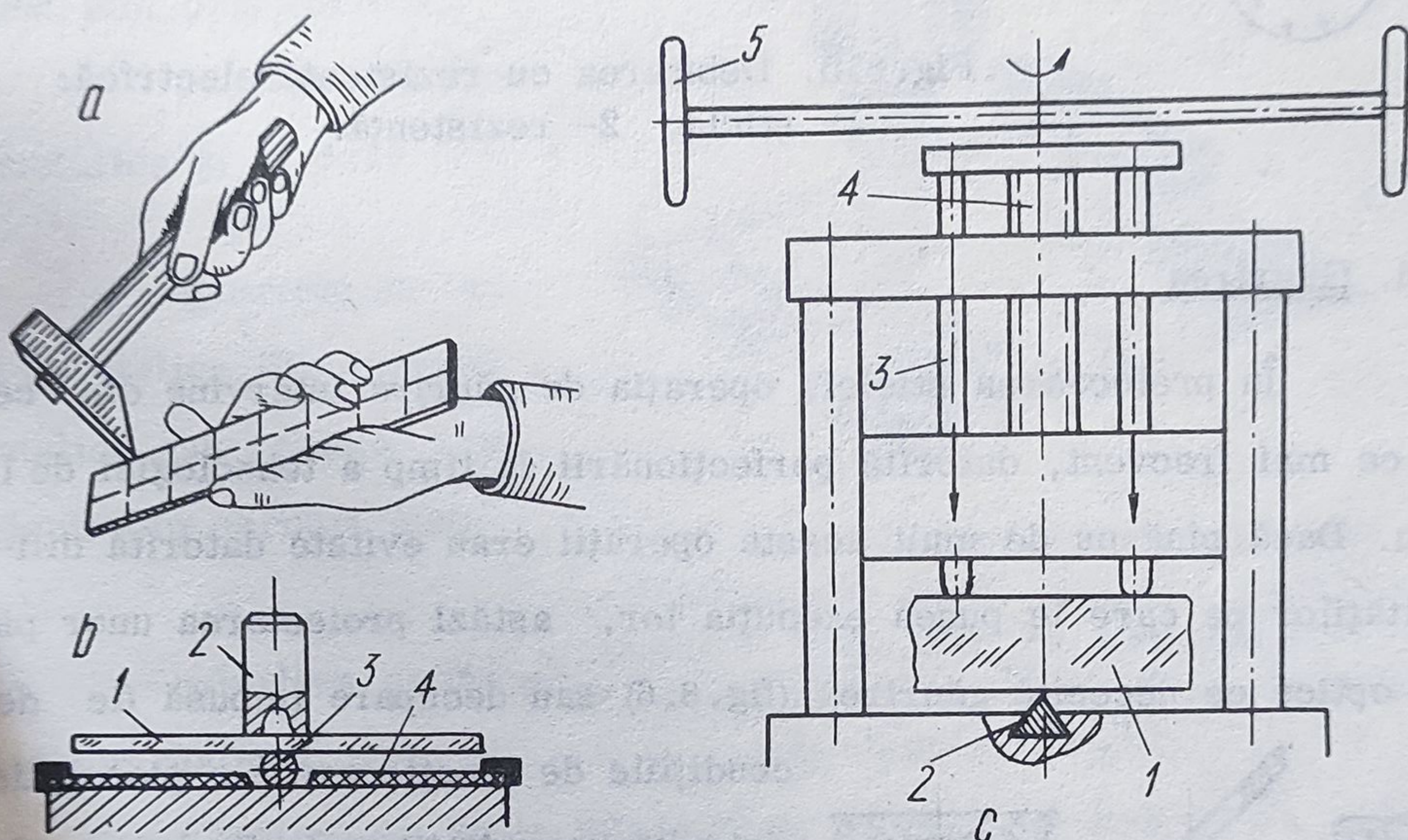


Fig. 8.4. Despicarea sticlei:

a- cu lovituri slabe de ciocan; b- pe dorn; c- cu presa cu șurub.

Pe masă este așezată prisma triunghiulară 2. Sticla este apăsată pe prismă de către poansonul 3 al preseii. Presele utilizate sînt cu șurub sau hidraulice. Procedul dă bune rezultate atunci cînd sticla este bine recoaptă, fețele sale sînt șlefuite brut și grosimea nu depășește 80 mm.

Blocurile de sticlă lungi, cu secțiune circulară, se despică cu ajutorul unei sîrme încălzite electric. Blocul de sticlă 1 (fig. 8.5)



este așezat pe sîrma 2, folosind trasajul efectuat în prealabil. Blocul se rotește, păstrînd contactul permanent cu sîrma încălzită electric, care trebuie să se mențină pe trasaj. Umezind cu apă rece porțiunea încălzită, se formează fisuri, după care sticla se despică transversal pe blocul de sticlă.

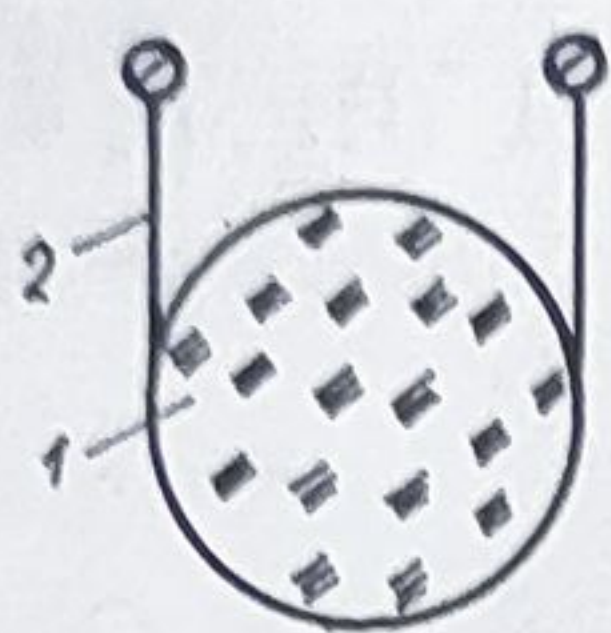


Fig. 8.5. Debitarea cu rezistență electrică:  
1- sticlă; 2- rezistență.

#### 8.4. Găurirea

În prelucrarea sticlei, operația de găurire intervine din ce în ce mai frecvent, datorită perfecționării în timp a tehnologiei de lucru. Dacă pînă nu de mult aceste operații erau evitate datorită dificultăților pe care le puneau execuția lor, astăzi proiectarea unor piese optice ce necesită găurire (fig. 8.6) sau decupare impusă fie de

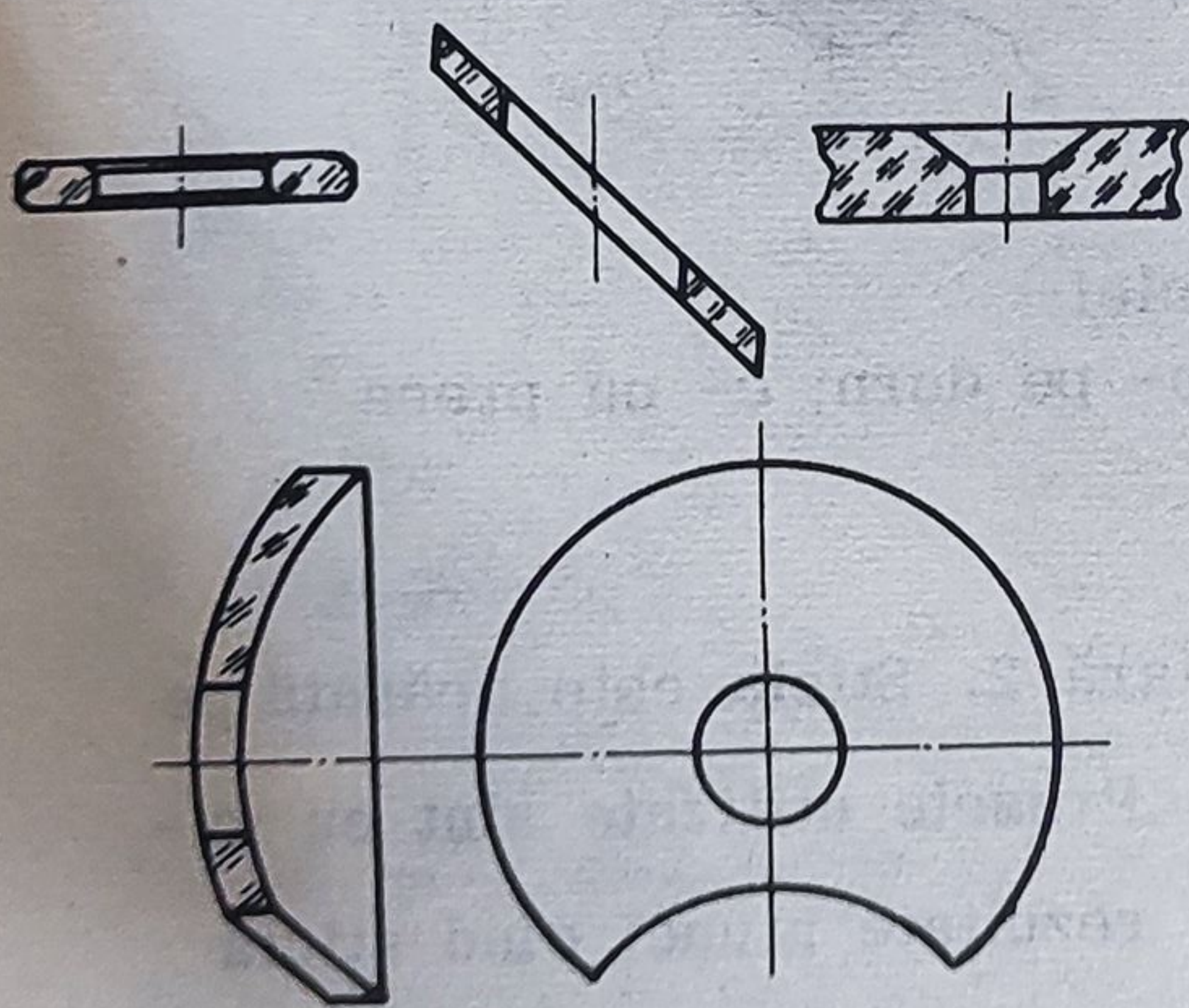


Fig. 8.6. Diferite forme de piese optice cu găuri sau decupări.

condițiile de funcționare ale piesei, fie datorită necesităților de fixare cu piese metalice, este un lucru obișnuit. Sînt prevăzute și se execută găuri în piese optice cu un diametru între 2 și 150 mm, pe adîncimi de la 2 pînă la 40 mm.

Mai mult, perfecționarea tehnologiei de găurire a sticlei optice a permis folosirea în ultima vreme a procedeului, pentru decuparea de pastile din plăci de sticlă, obținîndu-se astfel foarte economic semifabricate cilindrice pentru confecționarea lentilelor, filtrelor etc. (fig. 8.7).



Pentru realizarea acestor găuri sau decupări se pot folosi astăzi diferite procedee tehnologice, ce se aleg potrivit preciziei cerute, dotării existente cu scule, mărimii seriei de fabricație etc. Aceste procedee sînt următoarele:

- găurirea cu scule metalice și abraziv liber;

- găurirea cu burghie metalice din carburi metalice sau armate cu plăcuțe din carburi metalice;

- găurirea cu burghie din diamant;

- găurirea cu scule tubulare cu partea așchietoare din diamant (granule de diamant sinterizat în liant metalic);

- găurirea cu ultrasunete.

Găurirea cu scule metalice și abraziv liber. Găurirea sau decuparea sticlei cu scule metalice și abraziv liber este folosită pentru realizarea găurilor și decupărilor de dimensiuni mari (40 - 200 mm), în cazul unei serii mici de fabricație.

Găurirea se realizează cu ajutorul unei scule metalice tubulare cu decupări laterale pentru antrenarea abrazivului. Scula tubulară 1 (fig. 8.8) se execută de obicei din oțel și mai rar din fontă sau alamă.

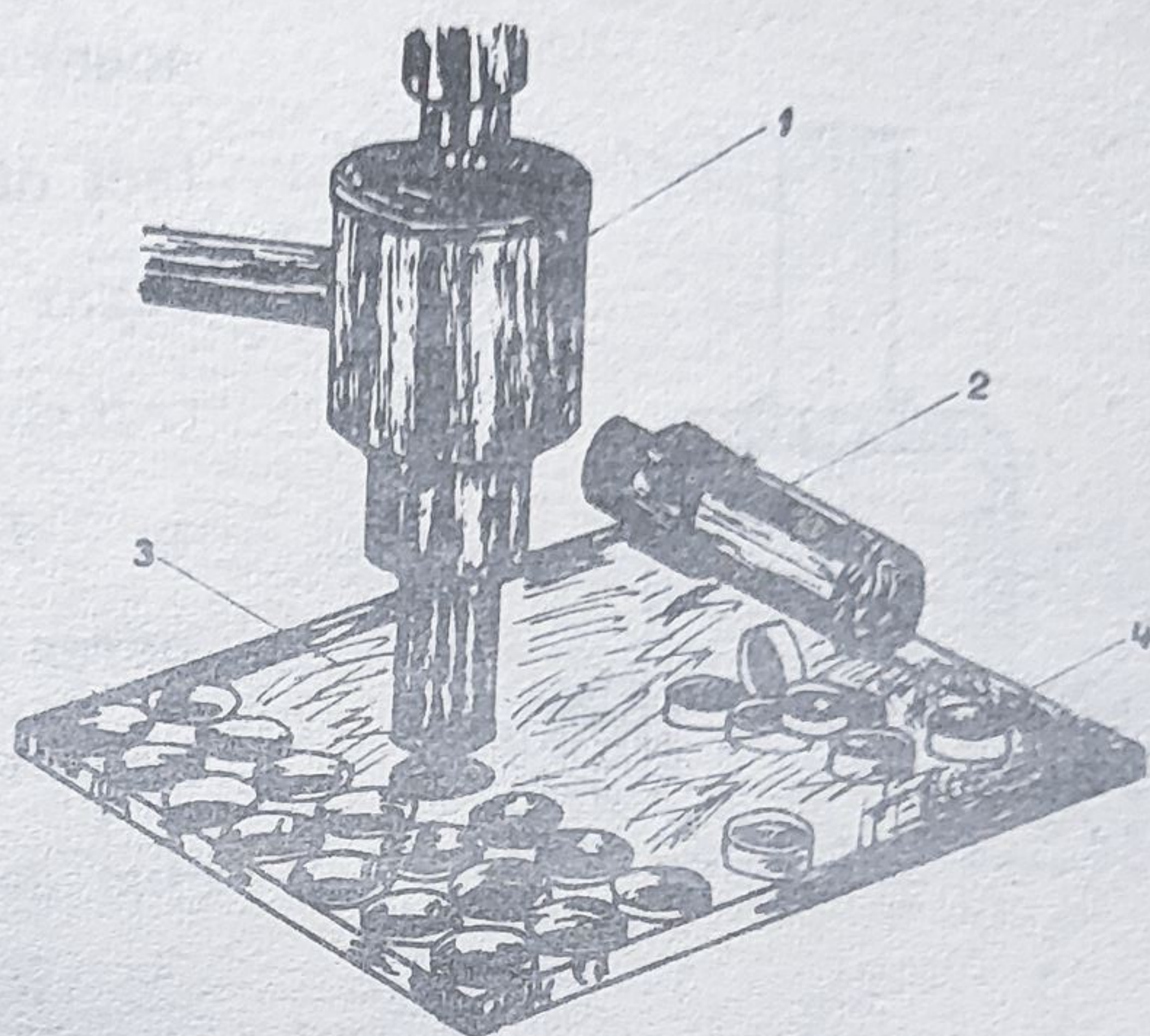


Fig. 8.7. Realizarea semifabricatelor cilindrice din sticlă prin decupare din plăci: 1- dispozitiv de alimentare; 2- sculă cu diamant; 3- placă din sticlă; 4- pastile decupate.



Găurirea se execută cu ajutorul unei suspensii abrazive (300-400 g la litrul de apă).

Scula se fixează în mandrina unei mașini de găurit normale și execută o mișcare de rotație. În același timp, pentru a permite accesul abrazivului 3 la locul de contact dintre sculă și piesa 2, este necesar să se execute și o mișcare de translație (ridicare-coborîre).

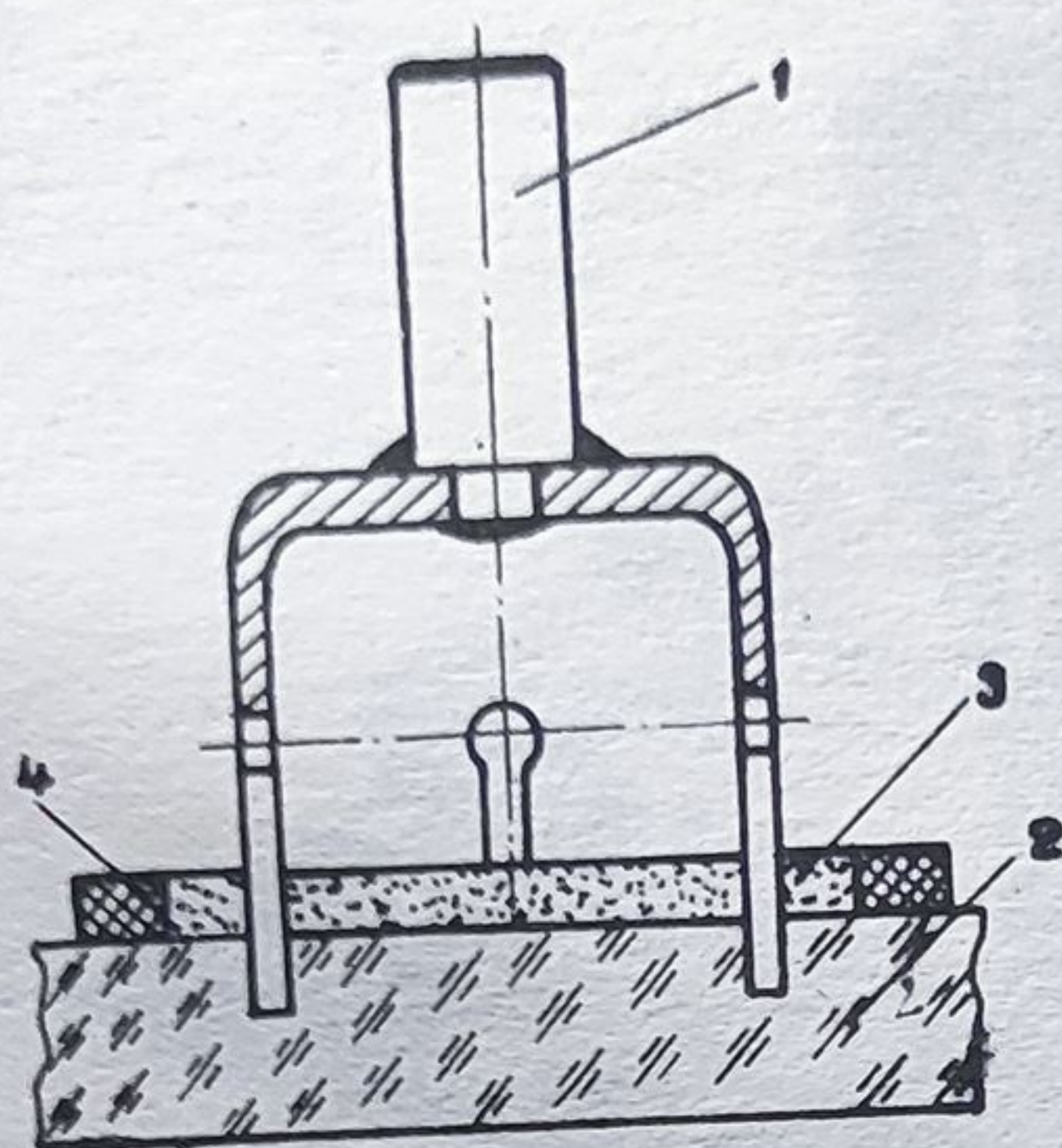


Fig. 8.8. Găurirea cu abraziv liber.

Pentru a se asigura însă menținerea suspensiei în jurul sculei, este indicată folosirea unui inel 4 din cauciuc sau material plastic.

Răcirea sculei este asigurată de apa din suspensie. Cu ajutorul acestei metode se pot realiza, în bune

condiții, găuri sau decupări cu o precizie medie - nu se pot realiza găuri de precizie ridicată, decât în condițiile unor măsuri speciale. De exemplu, datorită fie bătăii arborelui, fie descentrării sculei, găurile rezultă, de regulă cu oarecare ovalitate (0,1...0,3 mm). Pentru a se obține o găurire mai precisă, este necesară utilizarea unor dispozitive de ghidare.

De asemenea, din aceleași considerente, la marginea găurii rezultă, de regulă, știrbituri. Când nu este permisă eliminarea acestora prin teșire cu adâncitoare conice sau pe un dispozitiv sferic, pentru a se obține margini curate, este necesar a se porni de la un semifabricat mai gros, care după găurire să poată fi șlefuit la dimensiunea necesară. Întrucât știrbiturile apar mai pronunțat la ieșirea sculei, se poate proceda și la găurirea din două părți, având însă grijă



ca piesa să fie bine centrată, pentru a se produce decalarea celor două găuri. Productivitatea operației de găurire cu abraziv liber este destul de scăzută (1 - 2 mm/min), astfel încât ea nu este indicat a fi folosită la producția de serie.

Datorită însă faptului că această metodă nu necesită scule sau utilaje speciale, se poate folosi, după cum s-a arătat, în cazul unei producții de unicate sau serii mici.

Găurirea cu burghie metalice și din carburi metalice sau armate cu plăcuțe din carburi metalice. Folosirea burghiilor metalice și din carburi metalice este indicată pentru realizarea găurilor în sticlă cu diametrul între 2 și 15 mm, dimensiunile fiind limitate de dimensiunea plăcuțelor din carburi metalice existente.

La armarea burghiilor pentru găurit sticla, este indicat a fi folosite plăcuțe din carburi metalice folosite în general, pentru prelucrarea fontei sau metalelor neferoase.

Pentru a evita știrbiturile marginale și la găurirea cu burghie metalice se pot aplica cele arătate anterior. Se poate, de asemenea, proceda la lipirea unor lame protectoare din sticlă pe placa de găurit. Se mai folosește și găurirea pieselor lipite în coloană, pentru a folosi o singură pereche de lame protectoare pentru găurirea mai multor piese.

Pentru a evita ruperea sau degradarea vârfului burghiului, este necesar ca masa mașinii de găurit să prezinte o decupare de ieșire sau, în caz contrar, găurirea să se execute având piesa așezată pe un material moale: lemn, plută etc.

Ca lubrifiant, la găurirea sticlei cu burghie metalice, prevăzute cu carburi metalice, se folosește terebentina.



Mașina de găurit necesară, pentru găurirea cu burghie metalice, poate fi o mașină obișnuită (nu sînt condiții speciale). Regimul de lucru indicat a se utiliza este determinat de diametrul găurii de realizat.

Deși găurirea cu burghie metalice dă rezultate mai bune decît găurirea cu abraziv liber, atît calitativ cît și ca productivitate, totuși nu poate reprezenta soluția valabilă pentru lucrul în serie mare.

Găurirea cu ultrasunete. Sînt situații cînd este necesar a se executa în sticlă găuri poligonale (pătrate, dreptunghiulare etc.) sau

un contur asimetric. Astfel de găuri se pot executa în sticlă numai cu ajutorul unei instalații pentru ultrasunete, reprezentată în figura 8.9.

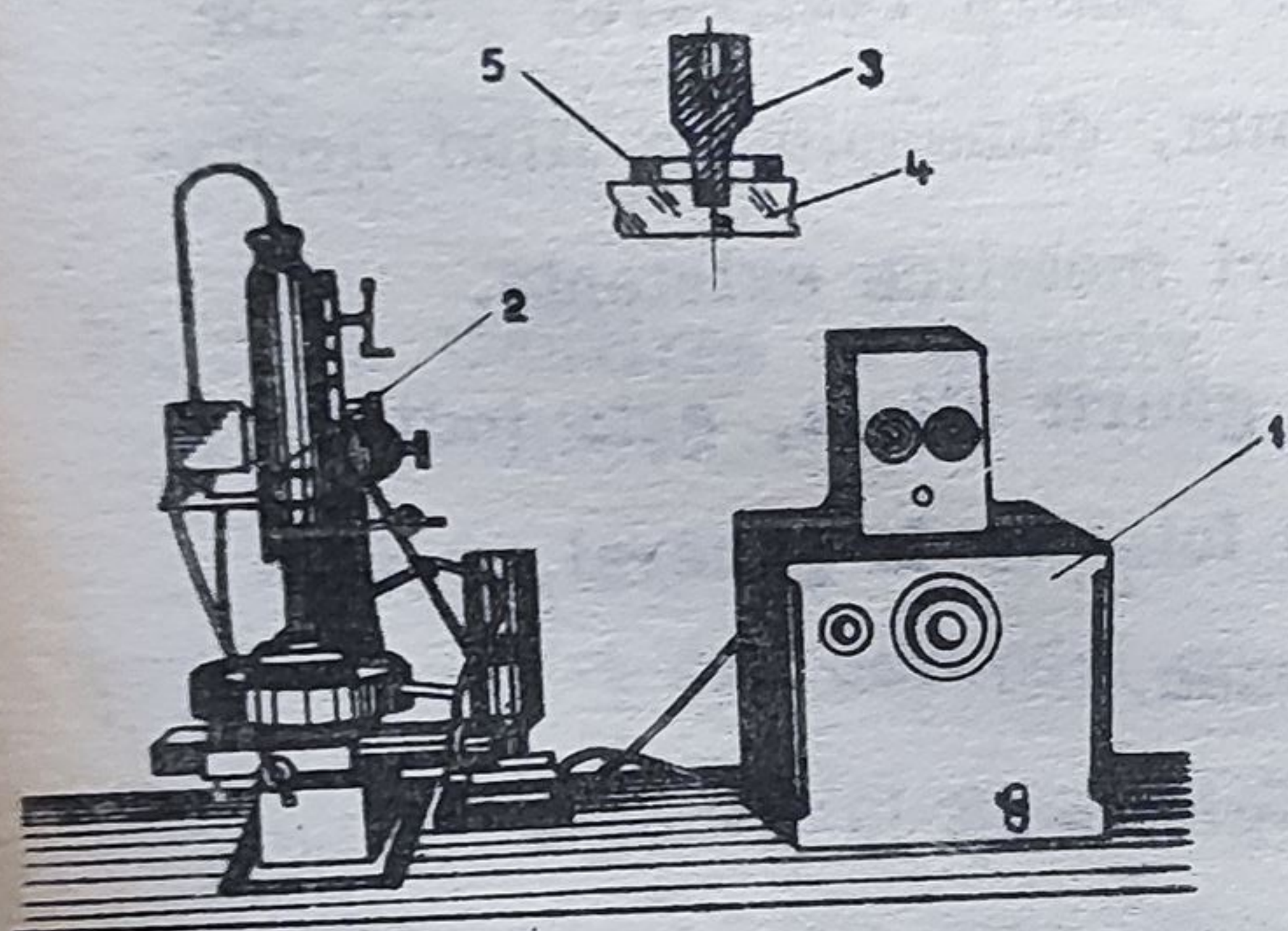


Fig. 8.9. Instalație pentru găurire cu ultrasunete: 1- generator; 2-vibrator; 3- sculă; 4- piesă; 5-inel elastic.

Un generator de înaltă frecvență (20 000 - 30 000 Hz) permite intrarea în vibrație a sculei fixate pe capul vibrator al instalației. Găurirea se realizează prin efectul de șoc produs de abrazivul în suspensie ce se așază la locul de găurit.



## Capitolul 9

### MAȘINI PENTRU ȘLEFUIREA ȘI POLISAREA PIESELOR OPTICE CU ABRAZIVI ȘI CU PULBERI DE POLISAT

#### 9.1. Generalități

Mașinile de șlefuit și polisat sînt destinate prelucrării suprafețelor optice prin procedeul rodării libere.

Se poate prelucra o gamă largă de piese avînd suprafețe plane, sferice și asferice de precizie joasă, medie și înaltă, specifice producției de serie mică și mare.

În producția de serie mică sînt utilizate mașinile de șlefuire brută manuală, cu abrazivi liberi, la care mișcarea de avans și presiunea se realizează manual, de către muncitor.

În producția de serie mare se utilizează mașini perfecționate, la care muncitorul intervine numai la începutul și sfîrșitul ciclului de lucru.

Mașinile de șlefuit și polisat sînt asemănătoare, au aceeași schemă cinematică, mișcările de lucru fiind asemănătoare. Mașinile de polisat sînt mai silențioase, decît cele de șlefuit și se deosebesc de acestea doar prin numărul de rotații ale arborelui principal. Șlefuirea fină și polisarea cu mastic se efectuează cu o viteză relativă între elementul superior și cel inferior, aflate în rotație, de aproximativ 1 m/s.

În construcția tuturor tipurilor de mașini de șlefuit și polisat intră patru subansambluri principale:

- articulația sferică, care leagă partea superioară cu antrenorul de pe brațul oscilant;



- mecanismul bielă-manivelă, care imprimă mișcarea de deplasare a părții superioare;
- arborele principal vertical al părții inferioare;
- partea superioară rotativă, care constituie un element al cuplei cinematice sculă-semifabricat.

În figura 9.1 este prezentată schema cinematică generală a unei mașini de șlefuit și polisat în care se observă: motorul de acționare 6; transmisia prin fricțiune 7, cu ajutorul căreia se trans-

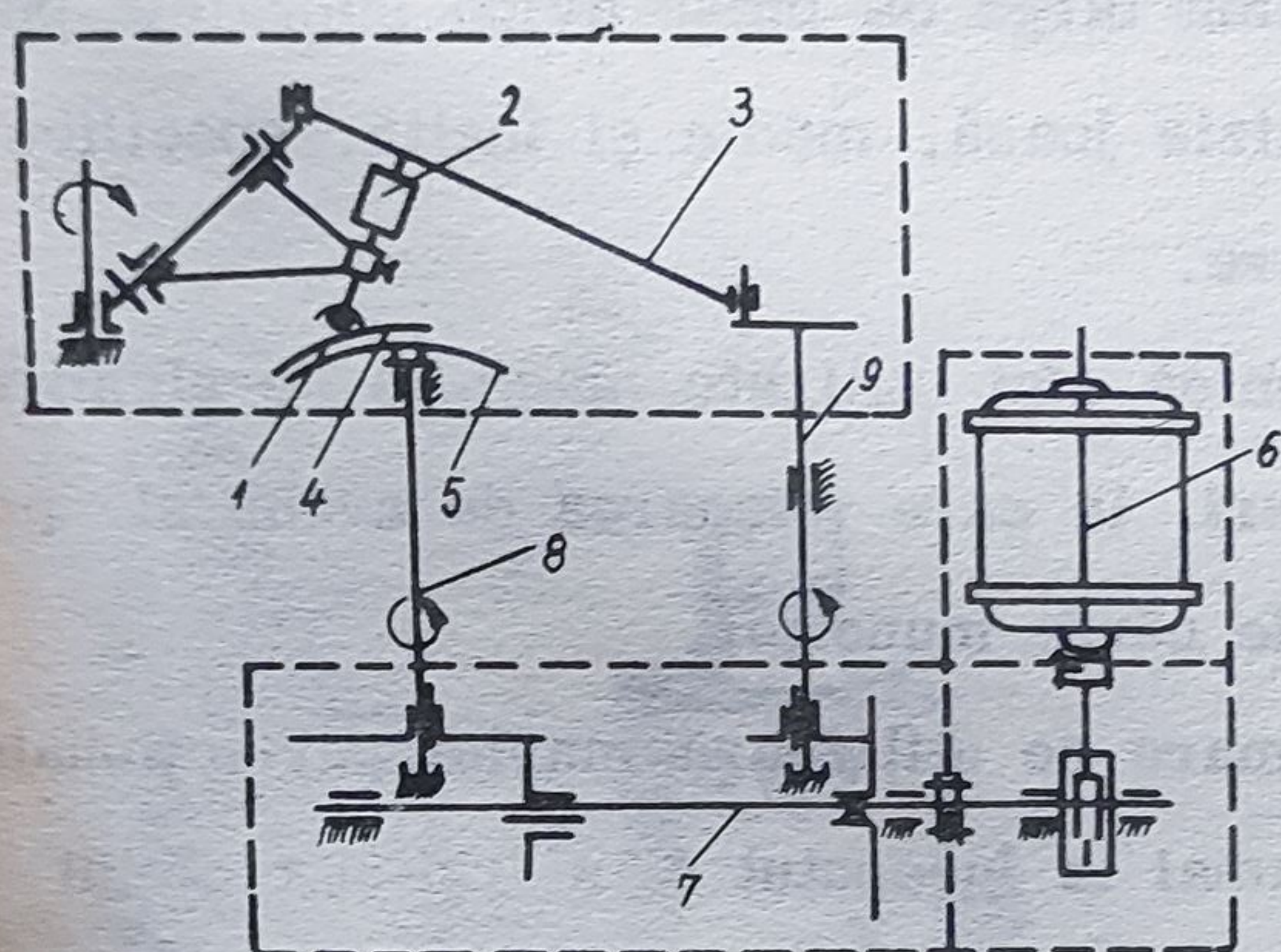


Fig.9.1. Schema cinematică generalizată a unei mașini-unelte de șlefuit-polisat: 1- antrenor cu articulație sferică; 2- greutate; 3- bielă-manivelă; 4- element superior; 5- element inferior; 6- motor de acționare; 7-transmisia prin fricțiune; 8- arbore principal; 9- arborele manivelei.

mite mișcarea la arborele principal 8 și la arborele manivelei 9; mecanismul bielă-manivelă 3, cu culisă oscilantă, pentru deplasarea rectilinie de du-te-vino a părții superioare; elementul inferior 5 și elementul superior 4 - elementul cuplei cinematice sculă-semifabricat; brațul oscilant cu greutatea 2 și antrenorul cu articulație sferică 1.

Ponderea mașinilor-unelte de șlefuit și polisat o constituie mașinile-unelte universale.

Pornind de la schema cinematică generală, s-au construit diverse variante de mașini de șlefuit și polisat. Câteva dintre acestea sînt prezentate în cele ce urmează.



## 9.2. Mașini de eboșat plan manual cu abrazivi liberi

Aceste mașini se folosesc la șlefuirea brută (eboșarea) suprafețelor plane și plan-paralele ale pieselor optice (lentile, prisme, lame plan-paralele, pene).

Mișcarea principală este realizată de mișcarea de rotire a platoului de șlefuire, antrenat de arborele principal al mașinii. Mișcările de avans și presiunea se realizează manual de către muncitor.

Caracteristici tehnice. Cele mai importante caracteristici tehnice ale mașinilor de eboșat plan manual cu abrazivi liberi sînt următoarele:

- diametrul de lucru 400 mm;
- numărul arborilor principali 3 ;
- turațiile arborelui principal  
(trei trepte) 160; 237; 355 rot/min;
- antrenarea arborilor principali prin  
variator mecanic cu discuri cilindrice de fricțiune;
- puterea motorului 1,7 kW/380 V;
- distanța între arborii principali 900 mm;
- filetul arborelui principal M 22 x 2,5;
- dimensiunile de gabarit 2 900 x 1 150 x  
x 950 mm.

Schema cinematică. Arborii principali 7 (fig.9.2) sînt antrenati de motorul 1, prin intermediul roților de curea 3, arborele 2, discul cu fricțiune 4, arborele 5 și roțile de curea 6.

De la fiecare disc de pe arborele 2 se transmite mișcarea de rotație la fiecare din cei trei arbori 5, care fiind așezați pe cîte un lagăr oscilant se pot deplasa individual cu ajutorul unor manete pentru decuplarea postului respectiv.



Discul de fricțiune se poate deplasa pe arborele intermediar 5, asigurând variația turației arborelui principal 7, pe care se fixează platoul 8.

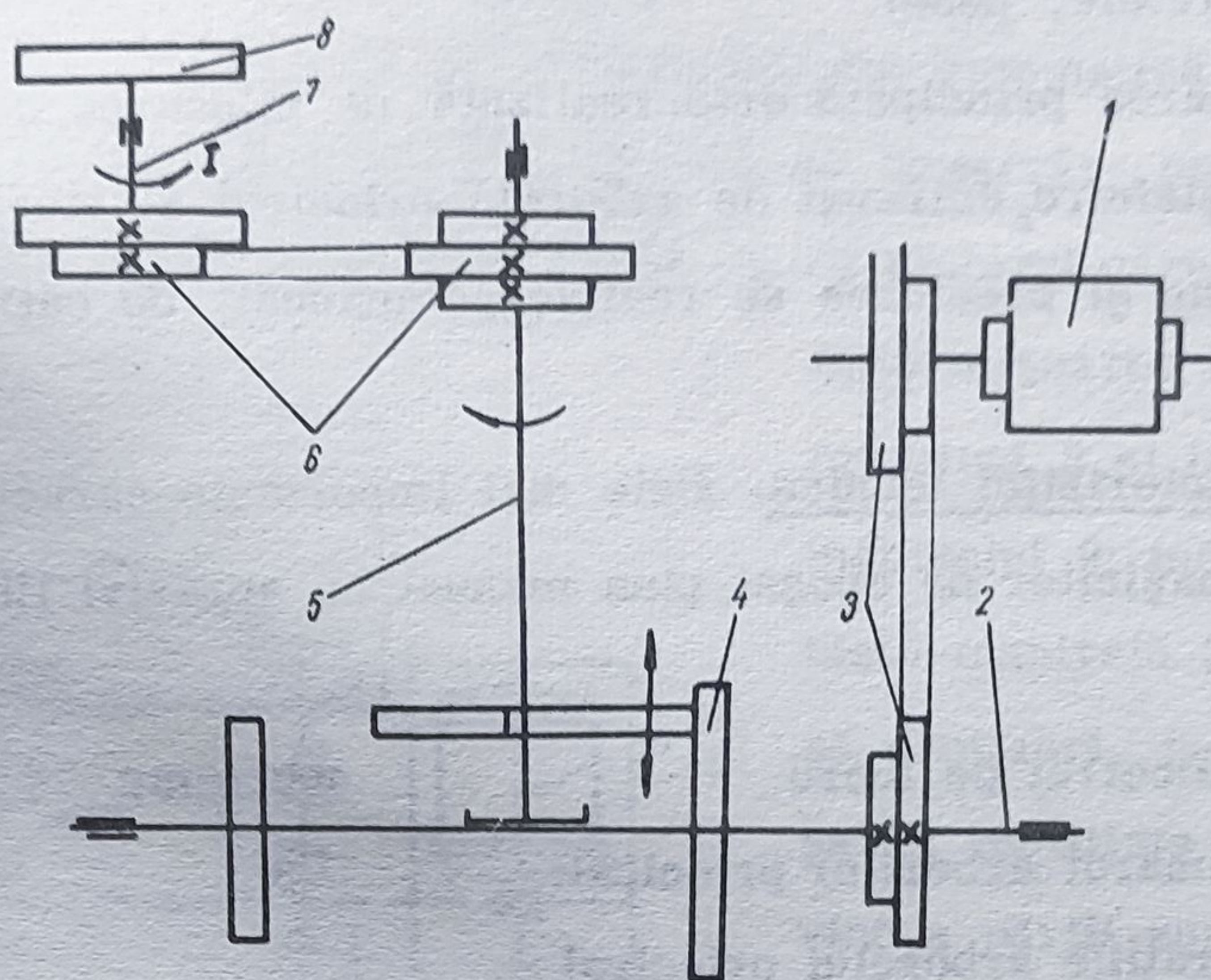


Fig. 9.2. Schema cinematică a mașinii de eboșat plan manual, cu abrazivi liberi: I- mișcarea principală de rotire a platoului.

Turația arborelui principal se poate modifica în trepte prin roțile de curea 3 și 6 iar, în interiorul treptelor, poate varia continuu datorită transmisiei cu fricțiune 4.

Regim de lucru. Ținând seama de diametrul platoului de eboșat ( $D = 400$  mm), de cele trei trepte de turații ( $n_1 = 160$  rot/min ;  $n_2 = 237$  rot/min și  $n_3 = 355$  rot/min), rezultă următoarele viteze periferice:



$$v_1 = \frac{\pi \cdot D \cdot n_1}{1\,000 \times 60} = \frac{3,14 \times 400 \times 160}{1\,000 \times 60} = 3 \text{ m/s};$$

$$v_2 = \frac{\pi \cdot D \cdot n_2}{1\,000 \times 60} = \frac{3,14 \times 400 \times 237}{1\,000 \times 60} = 4,5 \text{ m/s};$$

$$v_3 = \frac{\pi \cdot D \cdot n_3}{1\,000 \times 60} = \frac{3,14 \times 400 \times 355}{1\,000 \times 60} = 6,5 \text{ m/s}.$$

Debitul de sticlă eboșată. Dacă se presupune că se lucrează cu un avans manual  $s = 0,06 \text{ mm/rot}$ , cu o adâncime de așchiere  $t = 0,1 \text{ mm}$  și viteza periferică maximă  $v = 6,5 \text{ m/s}$  o sticlă optică BK 7, cu masa specifică  $\gamma = 2,53 \text{ g/cm}^3$ , rezultă următorul debit de așchii de sticlă eboșată pe oră.

$$G = \gamma \cdot s \cdot t \cdot v \cdot \frac{60 \times 60}{1\,000} = 2,53 \times 0,06 \times$$

$$\times 0,1 \times 6,5 \times \frac{60 \times 60}{1\,000} = 0,36 \text{ kg/h}.$$

Comparînd acest debit cu debitul unei mașini de frezat plan cu sculă cu diamant, la care  $s = 0,5 \text{ mm/rot}$ ,  $t = 4 \text{ mm}$  și  $v = 8 \text{ m/min}$ , deci  $G = 2,53 \times 0,5 \times 4 \times 8 \times \frac{60}{1\,000} = 2,4 \text{ kg/h}$ , rezultă că productivitatea mașinilor de eboșat manual este de șapte ori mai mică decît aceea a mașinilor de frezat plan cu scule abrazive.

Datorită vitezei periferice de lucru, avansului și presiunii manuale mici, se realizează o productivitate mică la o solicitare fizică mare a muncitorului.

De aceea, aceste mașini se mai folosesc la eboșarea pieselor optice în serii mici sau la prototipuri.



### 9.3. Mașini de eboșat sferic manual cu abrazivi liberi

Aceste mașini se folosesc la degroșarea suprafețelor sferice ale pieselor optice de tipul lentilelor, precum și la fațetări.

Caracteristici tehnice. Cele mai importante caracteristici tehnice ale mașinilor de eboșat sferic manual sînt următoarele:

- |                                 |  |
|---------------------------------|--|
| - diametrul de lucru maxim      | 300 mm;                                    |
| - numărul arborilor principali  | 2 ;  |
| - numărul treptelor de turații  | 6 ;  |
| - turațiile arborelui principal | 160; 237; 355; 540; 800;<br>1 200 rot/min; |
| - puterea maximă a motorului    | 0,6 kW;                                    |
| - dimensiuni de gabarit         | 1 600 x 900 x 960 mm,                      |

Schema cinematică. De la motorul 1 (fig.9.3), mișcarea se transmite prin curea trapezoidală și șaibele în trepte 2, la arborele intermediar 3, apoi la arborele principal 4, prin curea trapezoidală și roți în

trepte. Pe arborele principal se montează dispozitivul de lucru 5. Motorul este acționat cu ajutorul unei pedale de picior, deoarece muncitorul trebuie să aibă mâinile libere pentru a putea lucra.

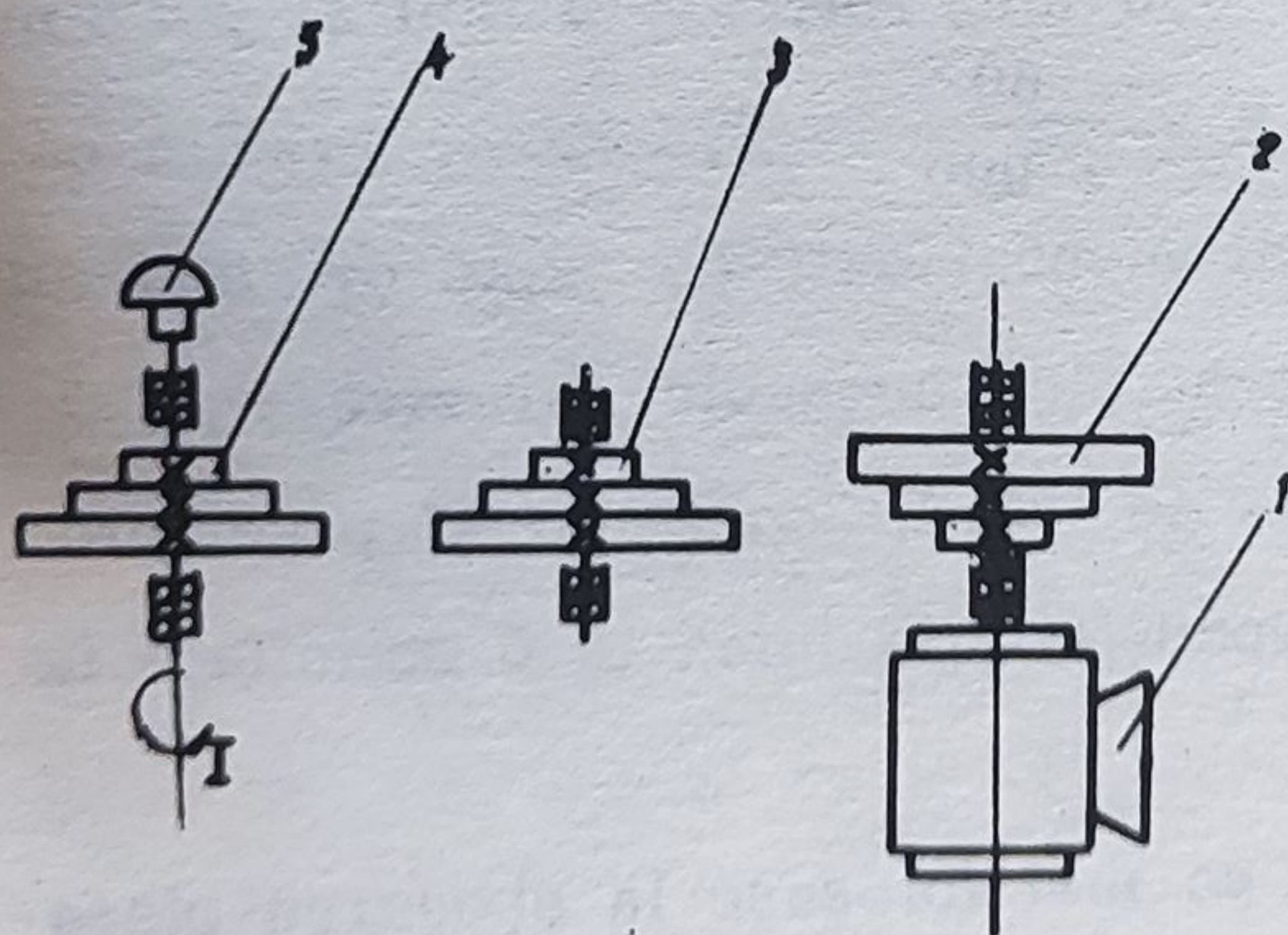


Fig.9.3. Schema cinematică a mașinii de eboșat sferic manual, cu abrazivi liberi; I- mișcarea principală de rotație a arborelui de lucru.

#### Regim de lucru.

Deoarece viteza periferică maximă de lucru



poate ajunge la:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1\,000 \times 60} = \frac{3,14 \times 300 \times 1\,200}{1\,000 \times 60} = 18 \text{ m/s}$$

această mașină de eboșat sferic manual se folosește la prelucrarea lentilelor în serie mică și pentru prototipuri.

#### 9.4. Mașini de șlefuit fin și polisat sferic și plan cu abrazivi liberi

Aceste mașini sînt folosite pentru șlefuirea medie și fină, precum și pentru polisarea pieselor optice cu suprafețe sferice și plane.

Mișcarea principală este realizată de mișcarea de rotație a arborelui principal. Mișcarea secundară pentru realizarea uzurii uniforme a pieselor optice este dată de rotirea excentricului care realizează mișcarea de translație a sculei de prelucrat. Presiunea de lucru se realizează prin greutatea așezate pe antrenorul care asigură mișcarea dispozitivului de prelucrat.

Această presiune nu este constantă pe suprafața de prelucrat, lucru ce provoacă greutatea la asigurarea preciziei de prelucrare.

Schema cinematică. Mașina se compune din motorul 1 (fig. 9.4), care transmite mișcarea prin curea lată și roți de curea la arborele intermediar 2, prin intermediul transmisiei prin fricțiune 3 la arborele intermediar 4 și roțile de curea 5. De la acest arbore se transmite o mișcare de rotație la arborele principal 6 și o mișcare de rotație la excentricul 7, care asigură mișcarea de translație a dispozitivului 8, prin pîrghiile 9, 10 și antrenorul 11.



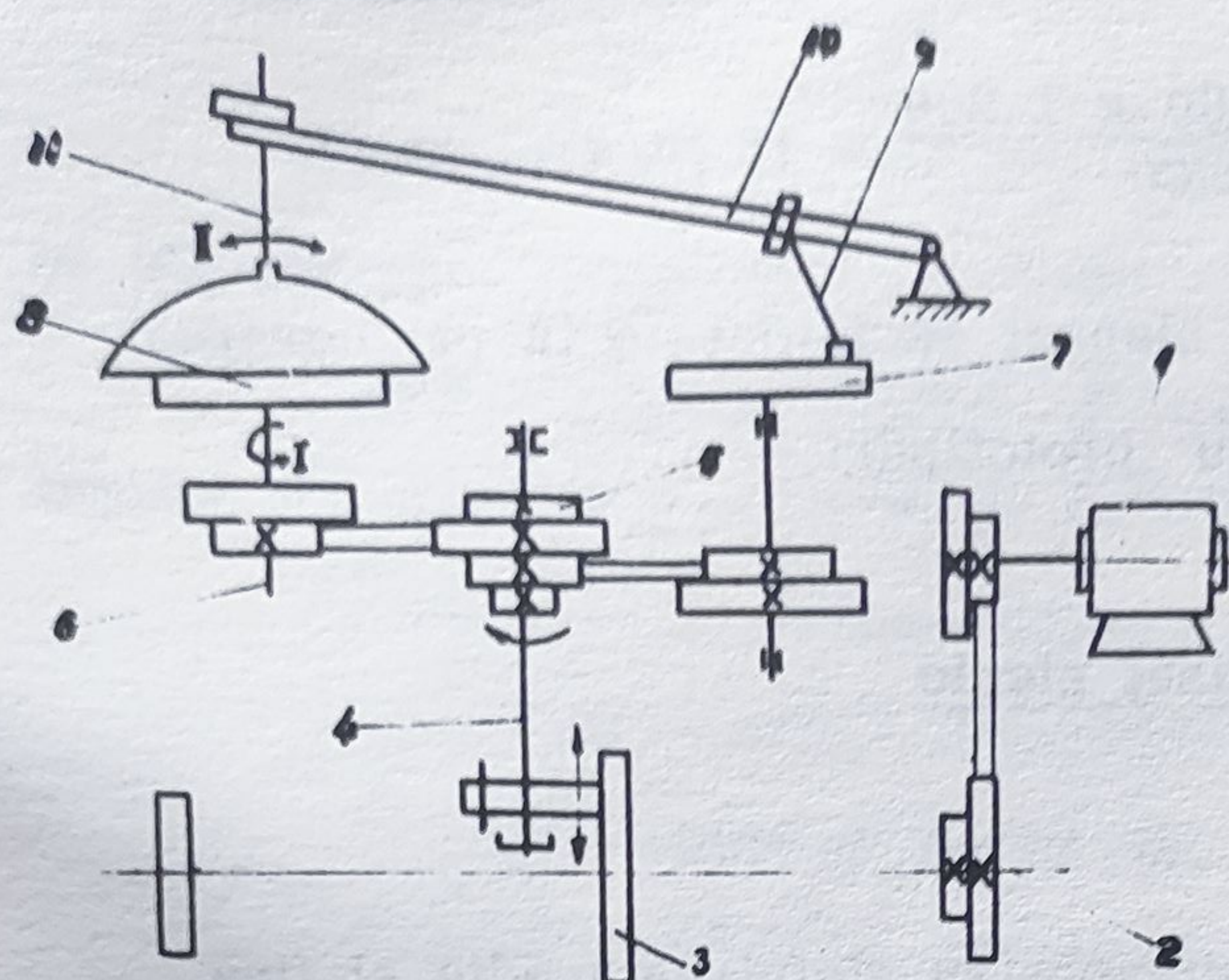


Fig. 9.4. Schema cinematică a mașinii de șlefuit fin și polisat sferic cu abrazivi liberi: I- mișcarea principală de rotire a arborelui de lucru; II- mișcarea secundară de translație.

Modul de reglare a mașinii. În timpul lucrului se pot efectua următoarele reglaje ale mașinii:

- modificarea turației arborelui principal de lucru ;
- modificarea turației excentricului și deci modificarea amplitudinii oscilației antrenorului;
- modificarea lungimii cursei antrenorului;
- deplasarea traiectoriei antrenorului față de axa arborelui principal.

Caracteristici tehnice și regim de lucru. Pentru diferite tipuri de mașini se recomandă turațiile și oscilațiile indicate în tabelul 9.1.

Presiunea de lucru cu greutatea se recomandă de  $0,2 \text{ daN/cm}^2$ , neuniformă.

În figura 9.5 este prezentată schema cinematică a unei mașini tip 6 SP-200 M, destinată prelucrării suprafețelor optice de precizie medie sau ridicată.

De la motorul de acționare M, prin intermediul unei transmisii cu curea și al mecanismului melc-roată melcată 13, mișcarea se transmite la subansamblul arborelui principal 9, de la care, prin intermediul unei transmisii cu roți dințate, în două trepte, mișcarea se transmite la arborele manivelei 10. Manivela 10, a cărei lungi-



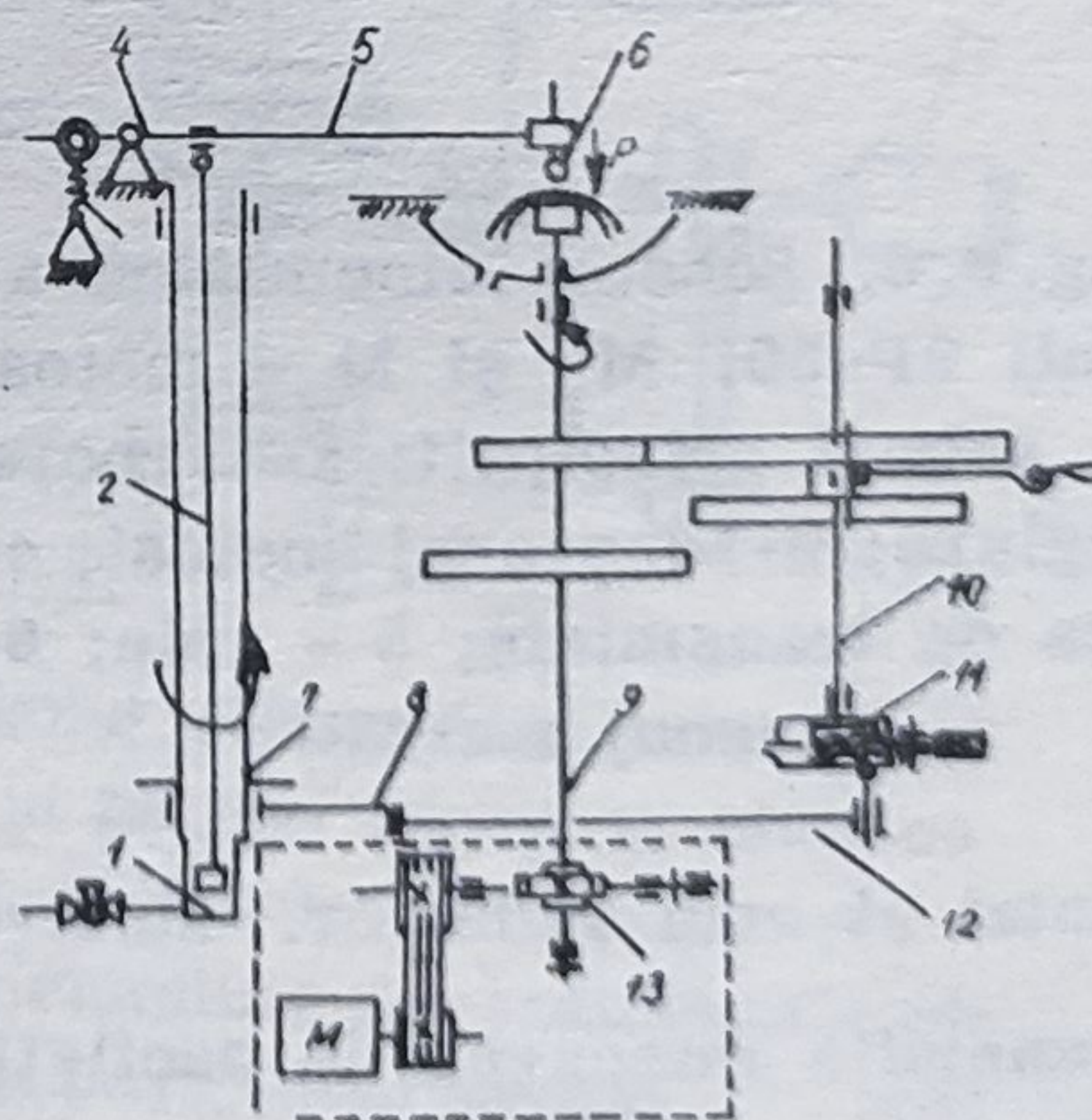
Tabelul 9.1

Caracteristici tehnice ale mașinii de șlefuit fin și polisat  
sferic cu abrazivi liberi

Caracteris- tici tehnice	Unitate de măsură	Domeniul razelor de prelucrat, mm			
		8-35	35-65	65 - $\infty$	$\infty$
Posturi de lucru	număr	10-20	3-6	3-4	1-4
Diametru blocului	mm	50-80	200-300	300-400	400-500
Turația ar- borelui principal	rot/min	70-450	40-250	20-100	20-70
Frecvența de oscila- ție a ar- borelui portsculă	curse/ min	30-200	30-140	30-200	20-70

me se reglează prin șurubul 11, este cuplată cu biela 12 și balan-  
sierul 8. Prin intermediul cilindrului vertical 7, mișcarea de la ba-  
lansierul 8 se transmite la pîr-  
ghia superioară 5, care în final,  
antrenează articulația sferică 6.

Fig. 9.5. Schema cinematică a ma-  
șinii 6SP - 200M: M- motor de  
acționare; 1- cameră pneumatică;  
2- tijă cilindrică; 3- arc; 4- arti-  
culație; 5- pîrghie; 6- articulație;  
7- cilindru vertical; 8- balansier;  
9- arbore principal; 10- manivelă;  
11- șurub de reglare; 12- bielă;  
13- melc-roată melcată.





Forța  $P$  de apăsare se creează în camera pneumatică 1 și se transmite, prin tija cilindrică 2, la pârghia superioară 5, care acționează asupra articulației 4. Arcul 3 menține pârghia 5 în poziție ridicată, situație în care articulația 6 nu se găsește în poziție de lucru.

Mașina este dotată cu instalația de alimentare continuă cu suspensie.

Mașina 9P-50 (fig. 9.6) are nouă arbori principali de lucru 1, dispuși pe un cerc și un arbore de reglare 2. Este destinată polisării în serie a pieselor de precizie medie și blocurilor până la 50 mm diametru, apropiate ca formă de semisferă.

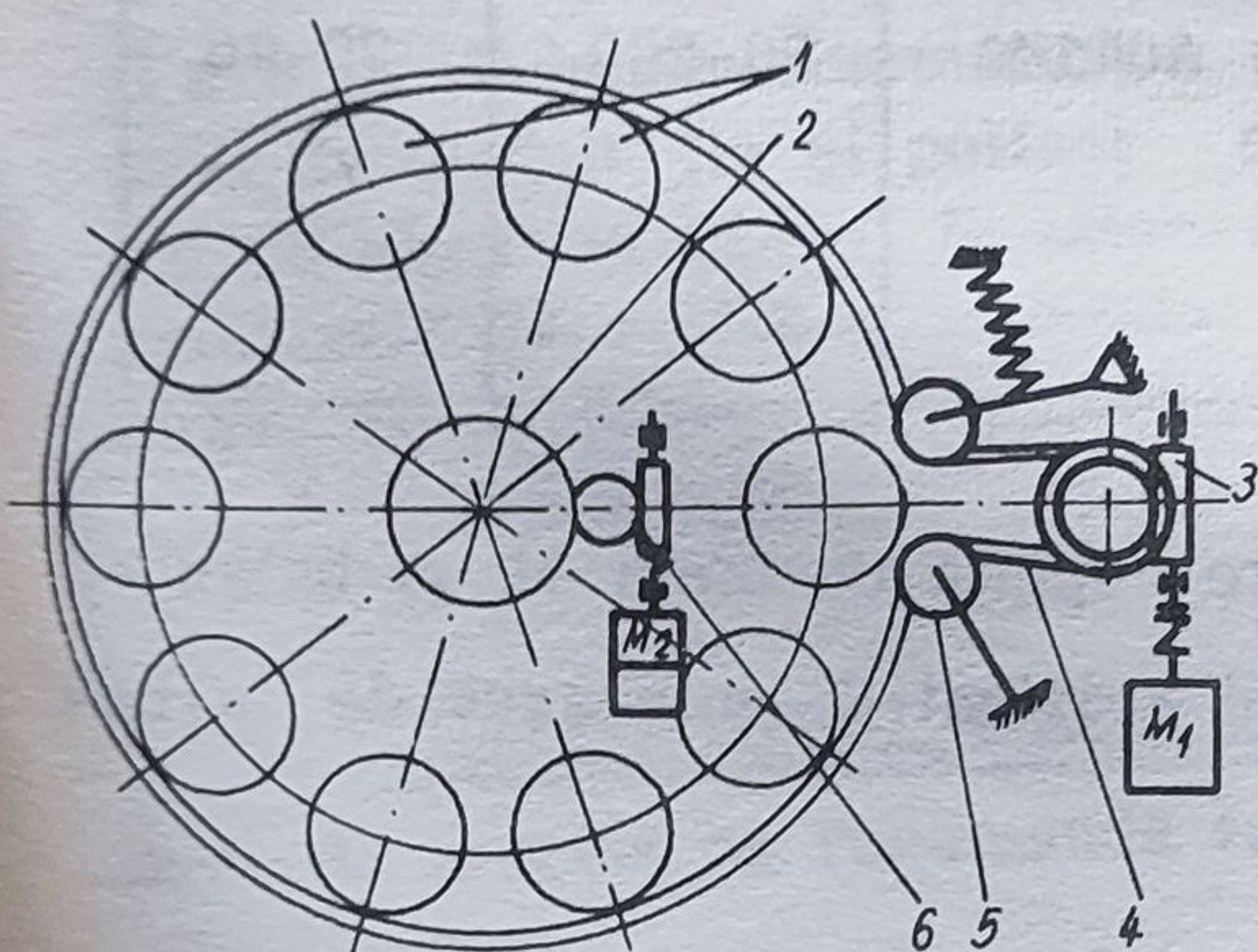


Fig. 9.6. Schema cinematică a mașinii 9P-50:  $M_1$  și  $M_2$  - motoare ; 1- arbori principali; 2- arbore de reglare; 3- angrenaj melcat; 4- curea de transmisie; 5 - role; 6- angrenaj melcat.

De la motorul  $M_1$ , prin intermediul angrenajului melcat 3, mișcarea se transmite la curea de transmisie 4, care se înfășoară pe cei nouă arbori principali 1 și care este ținută mereu întinsă de rolele 5. Cel de-al zecelea arbore nu se găsește în angrenare și servește pentru reglarea și corectarea sculei. De la curea 4 mișcarea se transmite la tamburul

dințat al unui reductor. Manivela asamblată cu reductorul prin bielă, transmite mișcarea de oscilație mesei, prin cele zece antrenoare ale părții superioare. Forța de apăsare se realizează cu ajutorul unui arc. Cuplând motorul  $M_2$ , se poate roti întregul corp superior al ma-



șinii împreună cu reductorul, prin intermediul angrenajului melcat 6. Schimbarea poziției arborelui de reglare creează posibilitatea corectării și înlocuirii sculei și mutării semifabricatului la un alt arbore principal pentru corectarea uzurii pe toată suprafața. Mașina are, de asemenea, un sistem de alimentare continuă cu suspensie.

Mașina de polisat tip P are o schemă cinematică similară cu cea prezentată în figura 9.6 și se execută în diverse dimensiuni. Dispunerea circulară a arborilor principali creează posibilități tehnologice specifice de reglare a procesului de prelucrare.

#### 9.5. Mașini de șlefuit și polisat de construcție modernă

Mașini de șlefuit fin și polisat sferic și plan, cu abraziv liber (fig. 9.7). De la motorul 1, mișcarea se transmite la arborele intermediar 2, prin intermediul unei transmisii cu curea. De aici, prin intermediul transmisiei cu fricțiune 3, mișcarea se transmite la arborele intermediar 4, de unde, prin transmisia cu curea 5, ajunge la arborele principal 6 ca mișcare principală de rotație I și la dispozitivul 8, prin pârghiile 9 și 10, excentricul 7 și antrenorul 11, ca mișcare de oscilație II.

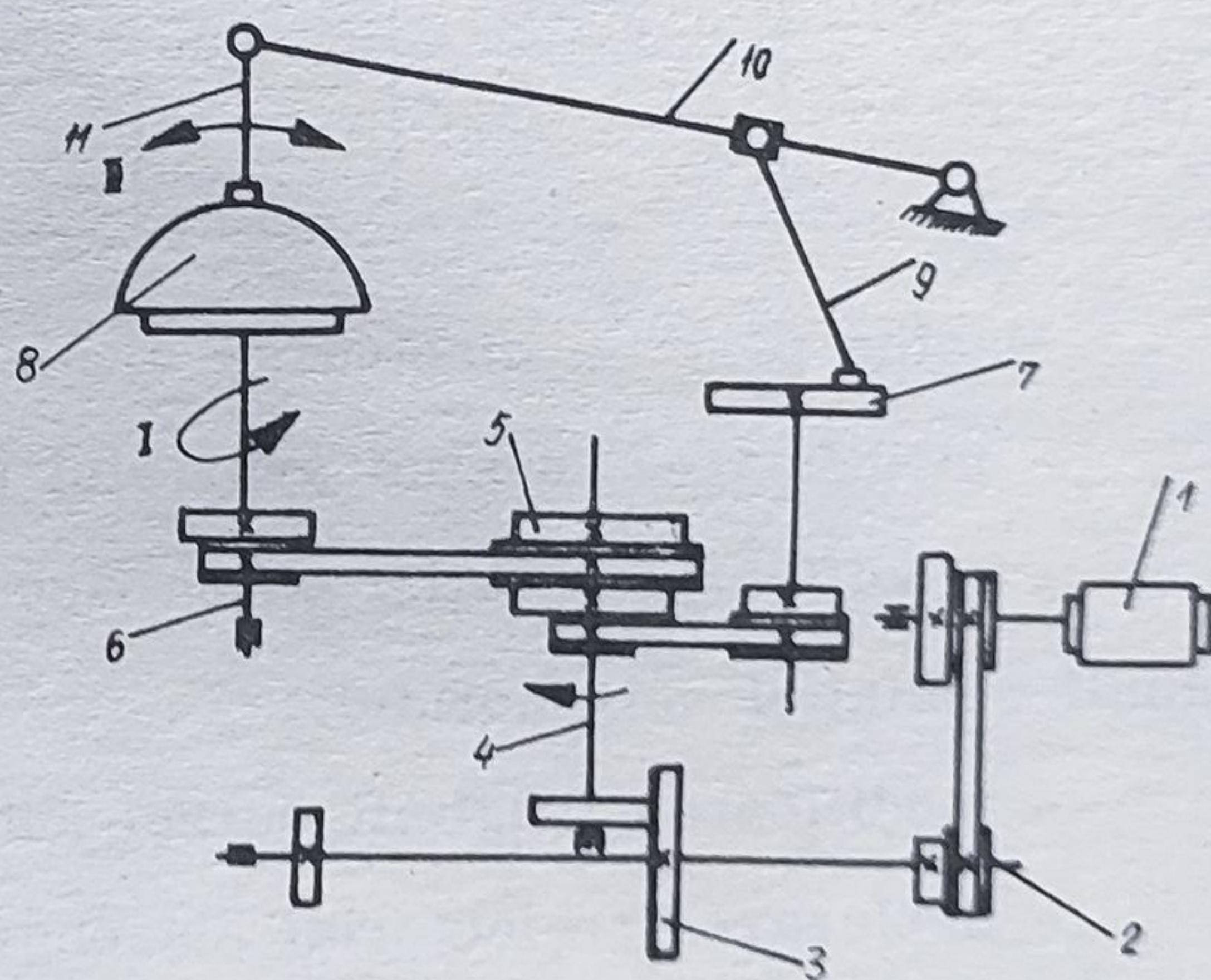


Fig. 9.7. Schema cinematică a mașinii de șlefuit fin și polisat sferic și plan cu abraziv liber: 1- motor de acționare; 2- arbore intermediar; 3- transmisie cu fricțiune; 4- arbore intermediar; 5- roți de curea; 6- arbore principal; 7- excentric; 8- dispozitiv de lucru; 9 și 10- pârghii; 11- antrenor; I- mișcarea principală de rotație; II- mișcarea secundară de oscilație.



Caracteristicile mai importante ale unei astfel de mașini sînt date în tabelul 9.2.

Tabelul 9.2

Caracteristicile tehnice ale mașinii de șlefuit fin  
și polisat sferic cu abraziv liber

Caracteristica tehnică	Unitatea de măsură	Dimensiuni caracteristice			
		8-35	35-65	65- $\infty$	$\infty$
Posturi de lucru	-	10-20	3 - 6	3 - 4	1 - 4
Diametrul blocului	mm	50-80	200-300	300-400	400-500
Turația arborelui principal	rot/min	70-450	40-250	20-100	20- 70
Frecvența de oscilație a arborelui port-sculă	curse/min	30-200	30-140	30-200	20- 70

Mașina permite efectuarea următoarelor reglaje:

- modificarea turației arborelui principal, de lucru;
- modificarea turației excentricului și deci modificarea amplitudinii oscilației antrenorului;
- modificarea lungimii cursei antrenorului;
- deplasarea traiectoriei antrenorului față de axa arborelui principal.

Presiunea de lucru se realizează cu ajutorul unor greutate aplicate pe dispozitivul de lucru avînd valori de  $0,2 \text{ daN/cm}^2$ . Neputînd fi menținută constantă, precizia de prelucrare variază.



## 9.6. Mașini de polisat sferic de mare productivitate

Mărirea productivității se realizează prin mărirea apăsării de lucru, mărirea turației arborilor de lucru, alimentarea continuă cu polir și menținerea constantă a temperaturii dispozitivului de polisat (polisor) prin încălzirea suspensiei de alimentare. Comparativ cu mașinile de polisat cu abraziv liber, timpul de polisare se reduce cu aproximativ 50%.

În figura 9.8 este prezentată schema cinematică a unei mașini de polisat sferic de mare productivitate cu trei arbori principali

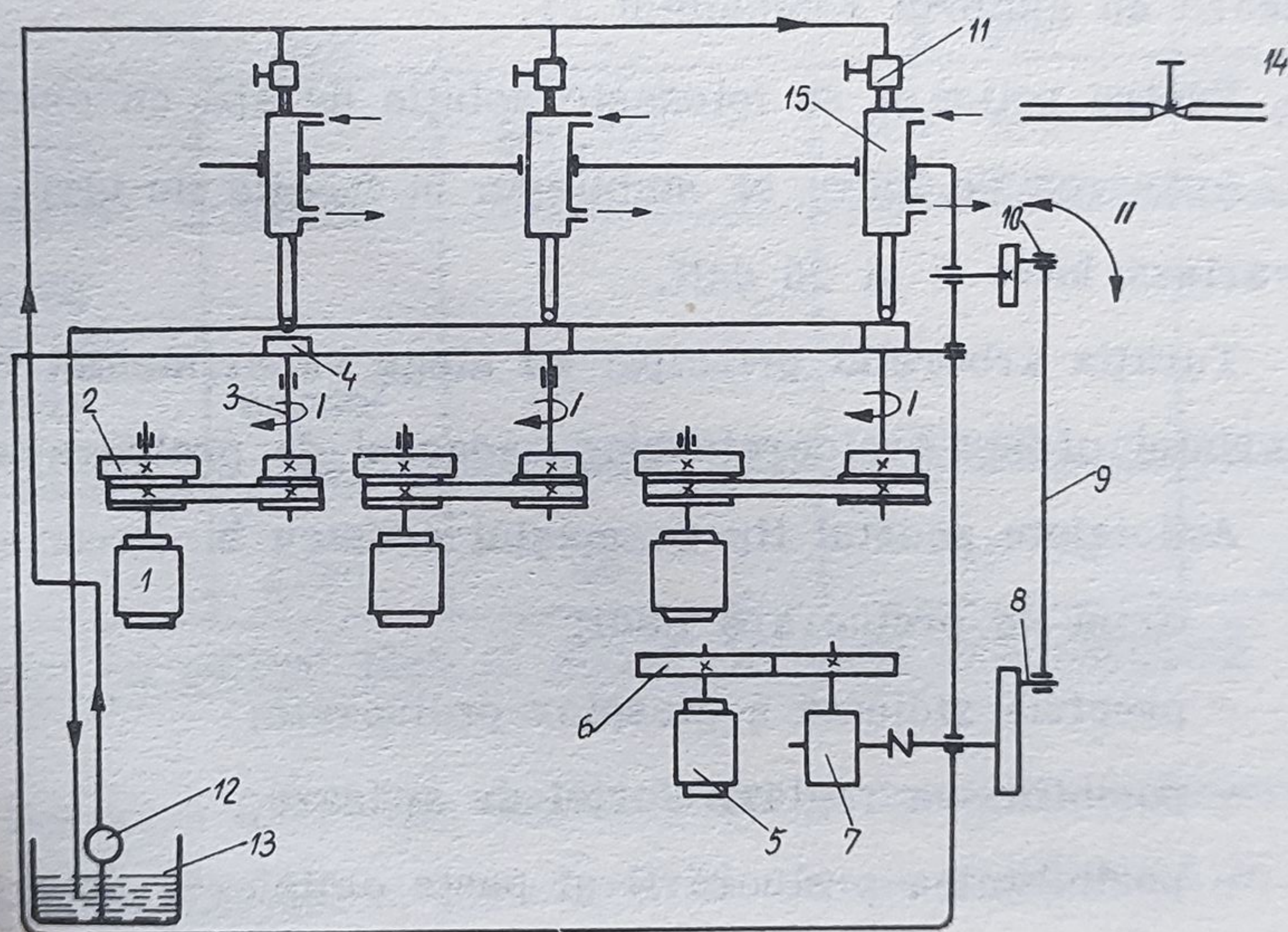


Fig. 9.8. Schema cinematică a mașinii de polisat sferic de mare productivitate: 1- motor; 2- transmisie cu curele; 3- arbore de lucru; 4- sistem de strângere a dispozitivului de lucru; 5- motor; 6- transmisia; 7- reductor de turație; 8- excentric; 9- manivelă; 10- antrenor; 11- robinet; 12 - pompă; 13 - decantor; 14- sistem de alimentare; 15- cilindru cu piston; I- mișcare principală de rotație; II - mișcare secundară de oscilație.



de lucru 3, cu antrenare individuală. Mișcarea principală de rotație I a arborilor principali de lucru 3 se primește de la motoarele electrice 1 prin intermediul transmisiilor cu curele 2 și sistemelor de strângere 4 ale dispozitivelor de lucru. Mișcarea secundară II a cadrului oscilant se primește de la motorul 5, prin intermediul transmisiei 6, reductorului 7, excentricului 8, manivelei 9 și antrenorului 10. Forța de apăsare se realizează cu ajutorul sistemului de alimentare pneumatică 14 și a cilindrului cu piston 15. Alimentarea cu suspensie se face automat, cu ajutorul pompei 12. Emulsia de polisare este aspirată din decantorul 13, cu termostat, iar debitul de emulsie necesară se reglează cu ajutorul robinetului 11.

Pentru polisare se folosește soluție de apă cu oxid de ceriu.

Apăsarea de lucru se stabilește în funcție de tăria masticului și variază între 2 și 20 daN.

Turația arborelui principal se alege experimental în funcție de materialul piesei prelucrate și de adaosul de prelucrare.

Avantajele acestui tip de mașini constau în:

- timpi de prelucrare mici;
- precizia ridicată a pieselor prelucrate;
- posibilitatea reglării forței de apăsare;
- posibilitatea prelucrării și peste emisferă, datorită faptului că mișcarea de oscilație a brațului antrenor are loc în jurul centrului razei de prelucrat;

- presiune de polisare constantă.

Caracteristicile tehnice ale mașinilor de polisat sferic de mare productivitate sînt date în tabelul 9.3.



Tabelul 9.3

Caracteristicile tehnice ale mașinilor de polisat sferic  
de mare productivitate

Caracteristicile tehnice	Unitatea de măsură	Domeniul razelor de prelucrat, mm		
		1-10	5-35	35-90
Posturi de lucru	-	3	3	3
Forța de apăsare cu arc pneumatic (presiune 1,5-6 at)	daN	- -	2,5-5 2 -20	2,5-5 2 -20
Turația arborelui principal	rot/min	500, 700 900	300, 450 650, 970	85, 120 170, 240
Frecvența de oscilație a arborelui portsculă	curse/min	17, 23, 30	23-33	18
Înclinarea antrenării	grad	45°	45°	45°

9.7. Mașini de polisat plan și sferic de mare productivitate

Pot avea unul sau două posturi de lucru cu acționare individuală (fig. 9.9). Mișcarea principală de rotație 1 necesară la mufa 15 a arborelui de lucru 14 se realizează cu ajutorul motorului 1, al transmisiei 3, reductorului 4, transmisiei 5 și al roților de curea 13. Mișcarea secundară de oscilație II se transmite tot de la motorul 1, prevăzut cu maneta 2 pentru schimbarea cursei, prin transmisia 3, reductorul de turație 4, transmisia 5, arborele 6, pîrghia 7 și rola de pentru mișcare plană 8, care asigură de fapt mișcarea secundară. Forța de lucru creată de presiunea unui arc se realizează prin ma-



neta 10, scala cu suport 9, și se transmite prin pîrghia 11, la antrenorul 12 al dispozitivului.

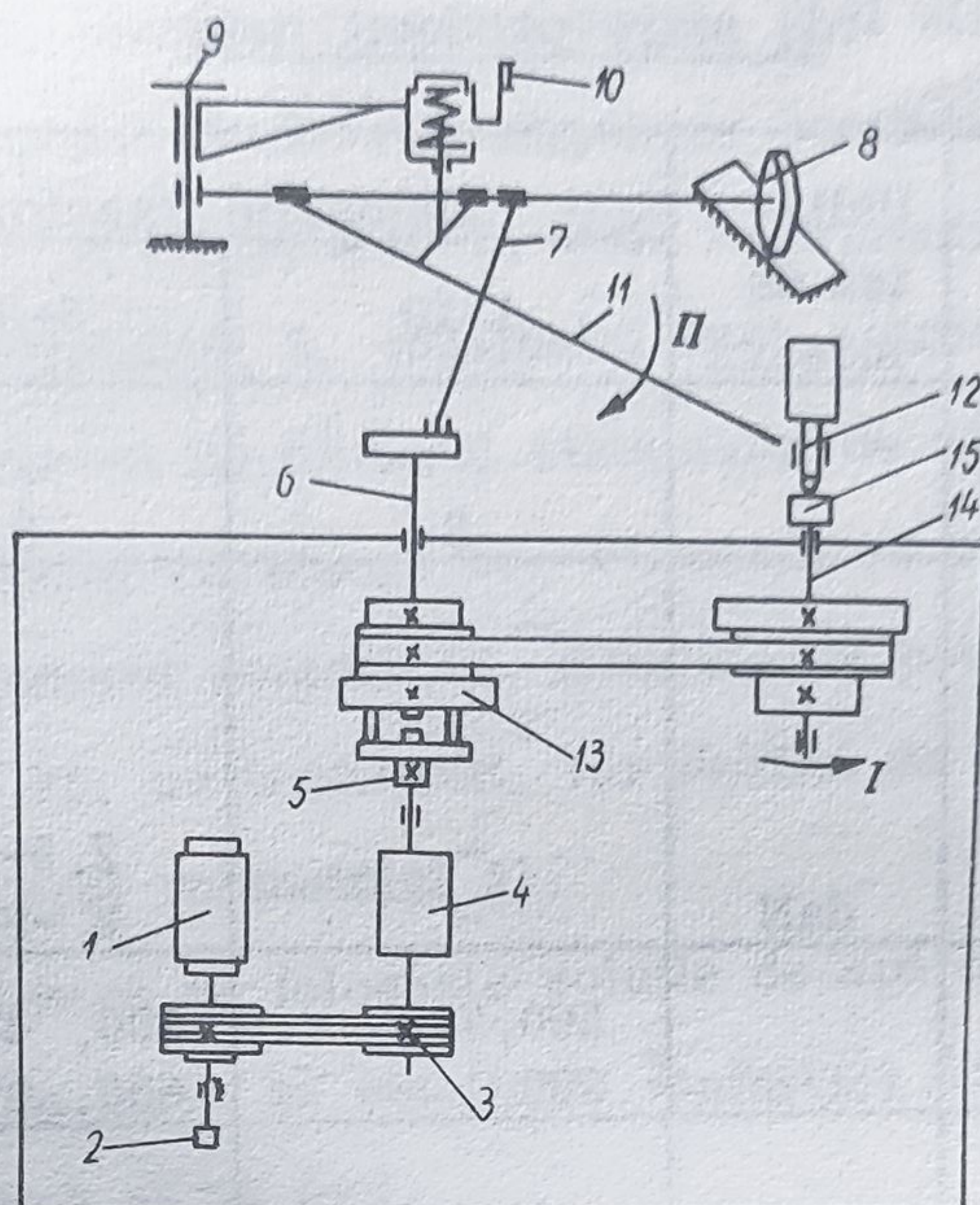


Fig. 9.9. Schema cinematică a mașinii de polisat plan și sferic, cu alimentare continuă, de mare productivitate : 1- motor; 2- manetă; 3- transmisie cu curea; 4- reductor de turație; 5- transmisie; 6- arbore cu excentric; 7- pîrghie; 8- rolă pentru mișcare plană; 9- scală cu suport; 10- manetă; 11- pîrghie; 12- antrenor; 13 roți de curea; 14- arbore de lucru; 15- mufă; I- mișcare principală de rotație; II- mișcare secundară de oscilație.

Pe această mașină se poate executa orice prelucrare plană sau sferică (maxim 300 mm diametru). Datorită presiunii constante și a turației variabile se pot obține piese cu o precizie ridicată, cu productivități mari.

Dintre caracteristicile tehnice cele mai importante se menționează:



- diametrul maxim de lucru, 300 mm;
- numărul de arbori de lucru, 2;
- turațiile arborelui principal:
  - varianta A: 45; 60; 120 rot/min;
  - varianta B: 30; 40; 60; 80; 160 rot/min;
- turațiile excentricului:
  - varianta A: 45 rot/min;
  - varianta B: 30; 60 rot/min;
- diametrul corpului antrenor, 12 mm;
- forța de apăsare a arcului, 2-35 daN;
- antrenare individuală pentru fiecare post în parte;
- alimentare continuă cu suspensie.

#### 9.8. Dispozitive pentru alimentarea cu suspensie

În procesul prelucrării optice, alimentarea cu suspensie în spațiul dintre sculă și dispozitivul cu piese este dificilă.

Alimentarea manuală cu suspensie duce la o scădere a productivității muncii prin aceea că necesită un timp mare, reduce atenția operatorului și creează o oboseală suplimentară acestuia. De aceea, pe mașinile optice se instalează dispozitive pentru alimentarea automată, continuă, cu suspensie în timpul prelucrării.

Se cunoaște o mare varietate de procedee și dispozitive de alimentare a mașinilor-unelte cu suspensie.

Cel mai răspândit procedeu este alimentarea cu ciclu închis. Alimentatorul automat AA-22 (fig.9.10) cu membrană, împreună cu pompa 4, cu roți dințate sau cu palete, conducta 1 și furtunul 2, trimite suspensia pe marginea suprafeței prelucrate.



Surplusul de suspensie se scurge în bazinul 3 și prin conducta 5 se reîntoarce în rezervorul alimentatorului automat AA-22, care are un

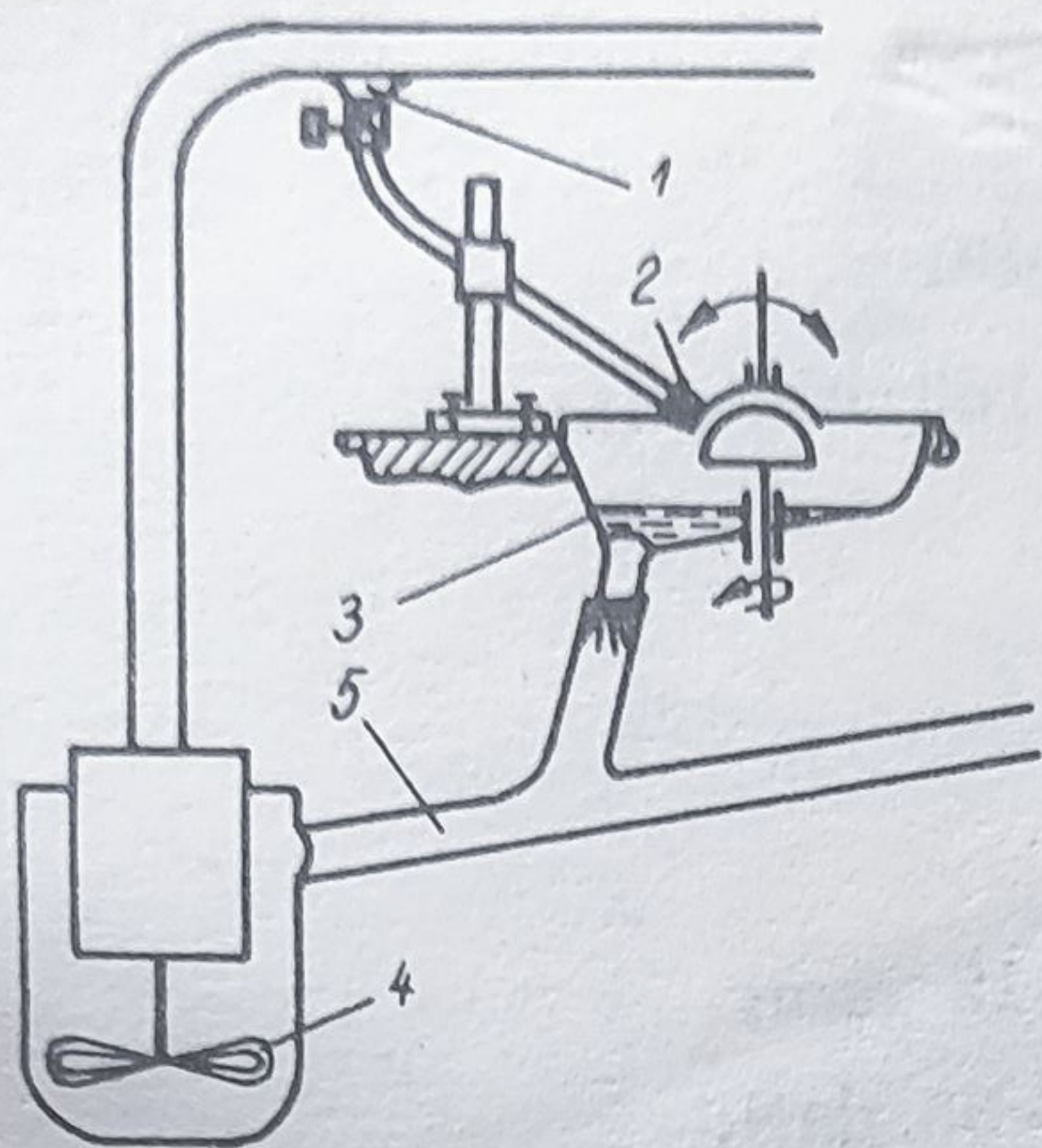


Fig. 9.10. Schema de alimentare circulară cu suspensie: 1- conductă; 2- furtun; 3- bazin; 4- pompă cu roți dințate sau cu palete; 5- conductă.

debit de 22 l/min. Surplusul de suspensie creează în zona de lucru, un microclimat cu temperatura constantă. Capacitatea de șlefuire cu suspensie abrazivă constă în pomparea întregului volum al alimentatorului în timp de 8 ore în circuit închis. Prin acest procedeu apariția zgîrieturilor pe sticlă nu este eliminată. În cazul șlefuirii, pentru

fiecare mărime a granulelor abrazivului sînt necesare 3-4 sisteme de alimentare. Alimentarea automată cu suspensie se folosește mai ales pe mașinile-unelte de șlefuit-polisat.

Tot cu ciclu închis lucrează și sistemul de alimentare centrifugă (fig. 9.11). Împreună cu arborele principal al mașinii se rotește și rezervorul 4, plin cu suspensia 3. Sub acțiunea forței centrifuge suspensia se ridică pe pereții rezervorului, pătrunde în țeava 2 și, sub forma jetului 1, ajunge pe suprafața prelucrată. Procedul, relativ simplu, este recomandat numai pentru mașini nu prea mari, care au o turație de 200-500 rot/min.

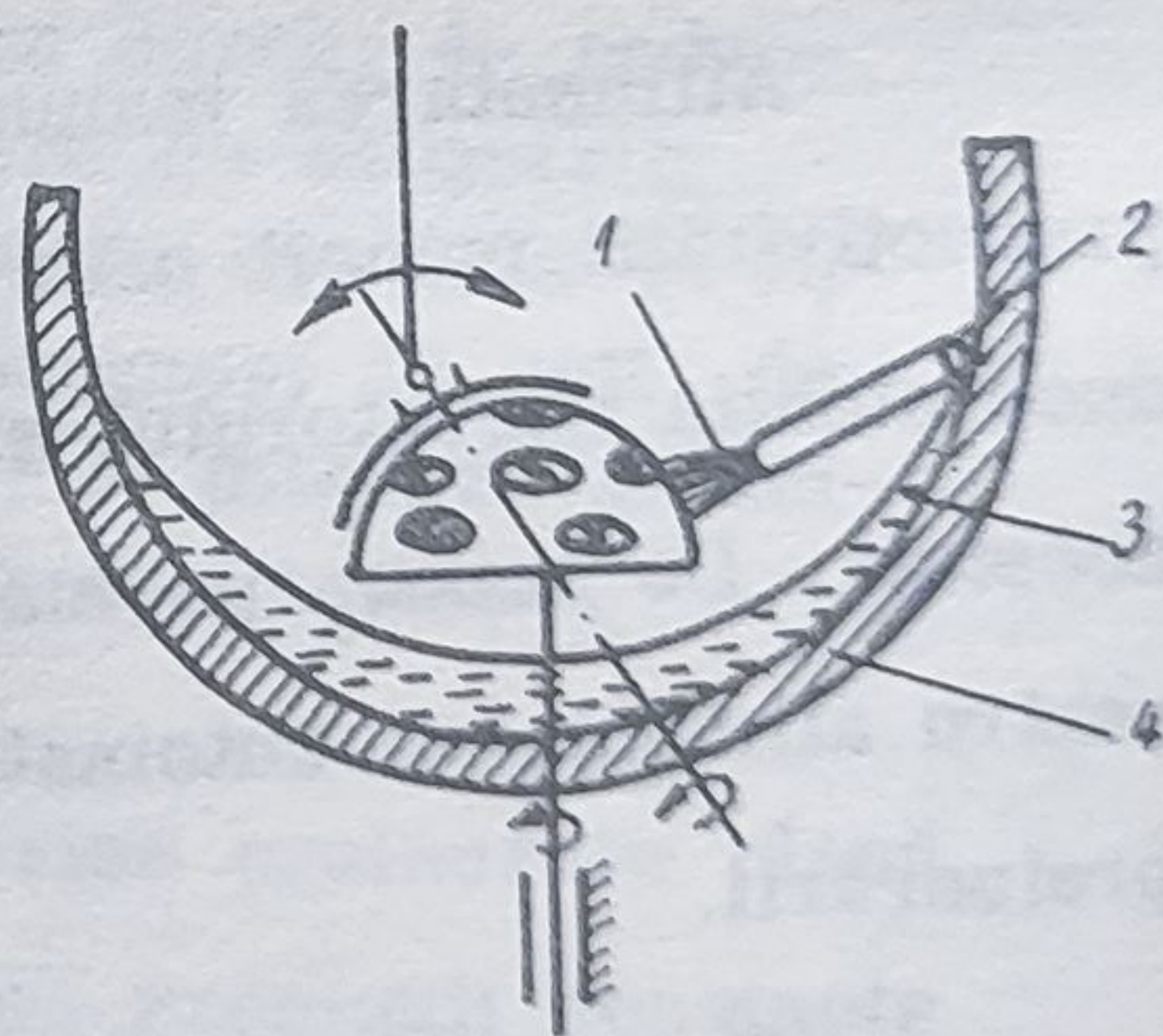


Fig. 9.11. Schema alimentării centrifuge cu suspensie: 1- jet de lichid; 2- țeavă; 3- suspensie; 4- rezervor.



În cazul prelucrării suprafețelor plane de dimensiuni mari, pentru o distribuire uniformă, suspensia se aduce în zona de mijloc a suprafeței prelucrate. Pentru aceasta, prin furtunul 1 (fig. 9.12), fixat pe partea superioară a antrenorului, suspensia este adusă în canalul

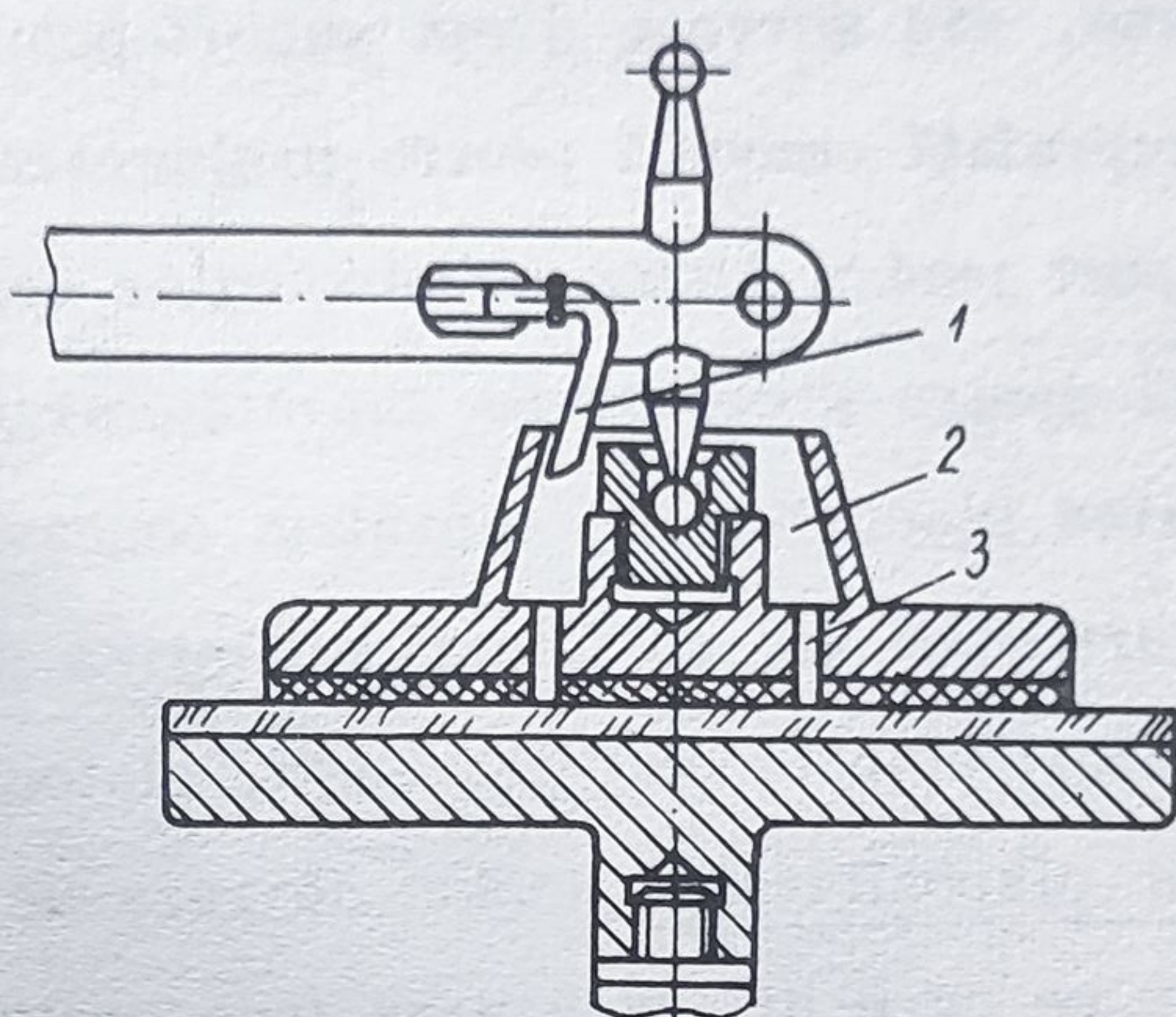


Fig. 9.12. Cea mai simplă schemă de alimentare automată cu suspensie: 1- furtun; 2- canal inelar; 3- orificiu.

inelar 2, pe partea superioară a sculei, iar de acolo, prin orificiul 3, în zona centrală a suprafeței de sticlă prelucrate.

## Capitolul 10

### DISPOZITIVE PENTRU PRELUCRAREA STICLEI CU ABRAZIVI LIBERI

#### 10.1. Dispozitive de lucru principale

Clasificare. Șlefuirea sticlei cu abrazivi liberi se execută cu ajutorul unor dispozitive metalice. După forma suprafeței, dispozitivele se clasifică în:



- dispozitive cu suprafață plană (platouri);
- dispozitive cu suprafață convexă (capete);
- dispozitive cu suprafață concavă (cești).

Dispozitivele cu suprafață plană se utilizează pentru prelucrarea suprafețelor plane, sau servesc drept suport pentru prelucrarea acestora, cele cu suprafață convexă pentru prelucrarea suprafețelor concave, sau ca suport pentru formarea blocurilor convexe, iar cele cu suprafață concavă pentru prelucrarea suprafețelor convexe, sau ca suport pentru formarea blocurilor cu suprafață concavă.

În cele ce urmează, se va folosi denumirea dată curent dispozitivelor, potrivit formelor lor: capete, cești, platouri.

Dimensiunile dispozitivelor depind de raza de curbură de prelucrat și de mașina pe care urmează a se face prelucrarea. După cum s-a văzut, mașinile se construiesc de diferite dimensiuni, potrivit intervalelor de raze de curbură ce urmează a fi prelucrate de fiecare tip de mașină în parte. Ca urmare și dispozitivele de lucru vor avea dimensiuni adecvate.

În figura 10.1 sînt reprezentate diferite dispozitive pentru prelucrarea sticlei optice.

Întrucît construcția și dimensiunile dispozitivelor depind de raza de curbură și mașina pe care urmează a fi utilizate, în figură dispozitivele au fost așezate după aceste criterii:

Dispozitivele 1,a, 2,a și 3,a reprezintă dispozitivele ce se utilizează pentru prelucrarea suprafețelor plane cu diametrul pînă la 80 mm, sau a razelor de curbură mai mici de 10 mm pe mașini mici cu 10 sau 20 de posturi.

Dispozitivele 2,b și 3,b sînt dispozitive utilizate pentru prelucrarea razelor de curbură cuprinse între 10 și 35 mm, de asemenea pe mașini cu 10 și 20 de posturi.



Dispozitivele 1,b, 2,c și 3,c servesc pentru prelucrarea suprafețelor plane pînă la 150 - 200 mm sau a razelor de curbură cuprinse între 35 și 110 mm, pe mașini mijlocii și mari cu 6, 4 sau 3 posturi.

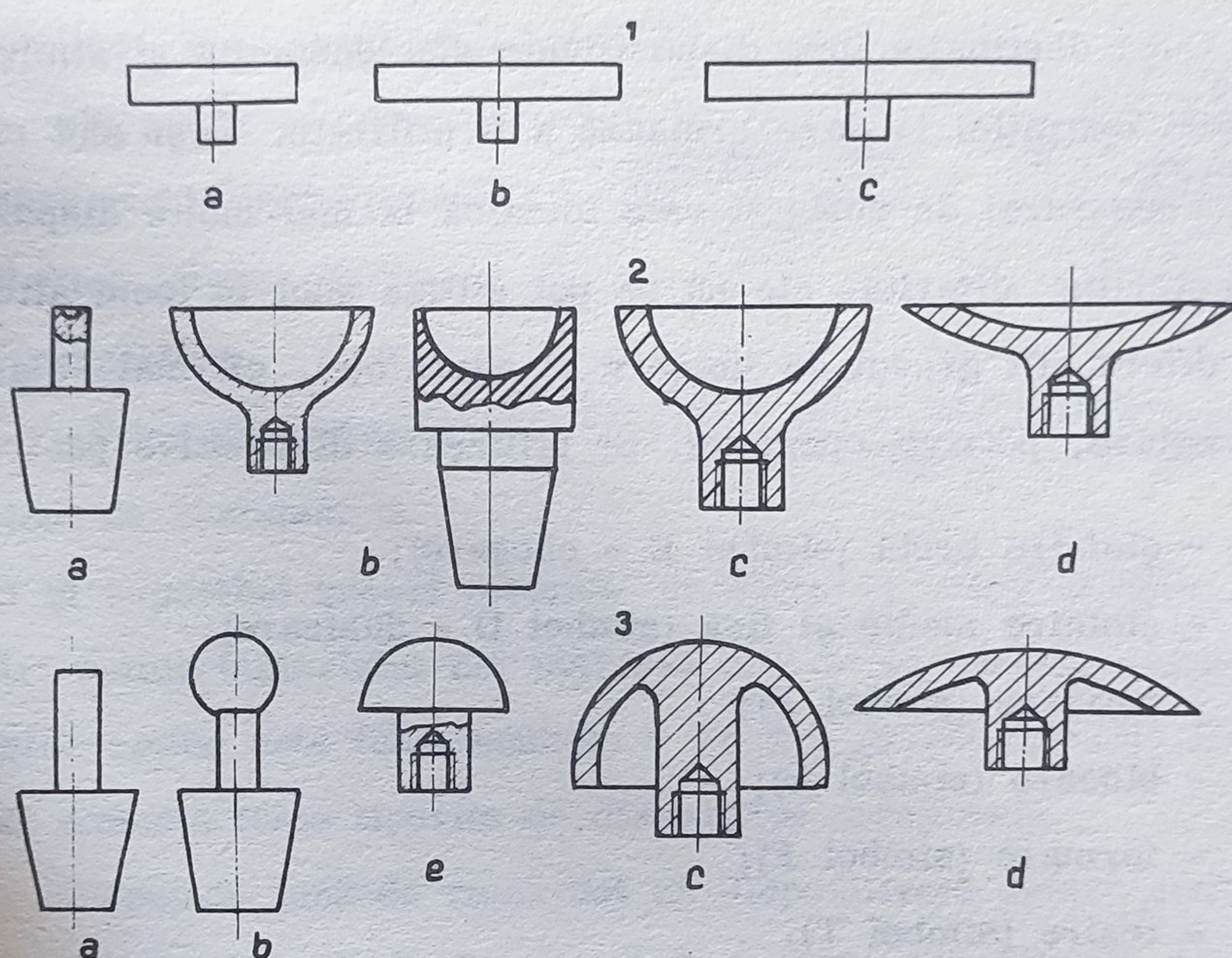


Fig.10.1. Diferite dispozitive pentru prelucrări optice.

Dispozitivele 1,c, 2,d și 3,d se folosesc pentru șlefuirea suprafețelor plane cu diametrul pînă la 350-400 mm, sau a razelor de curbură mai mari de 110 mm, pe mașini mari cu patru, trei sau un post.

Dispozitivele se pot clasifica de asemenea după modul de prindere:



- dispozitive cu prindere pe con;
- dispozitive cu prindere pe filet.

Pentru a se putea fixa, atît dispozitivele pe con cît și cele cu filet, (mufele mașinilor), ce fac legătura între ax și dispozitiv, sînt prevăzute cu con și cu filet. Bineînțeles, atît conul cît și filetul au dimensiuni identice la toate tipurile de mașini.

După destinația lor, dispozitivele sînt denumite și simbolizate potrivit operației la care urmează a fi utilizate. Deși sînt cazuri cînd valoarea razei de curbura este identică la mai multe dispozitive ce au destinație diferită, ele nu se pot utiliza unul în locul altuia, întrucît diferă atît gradul de finisare al suprafeței, cît mai ales modul de reglare, potrivit operației. Se utilizează dispozitive pentru:

- șlefuire brută (simbol E - eboșare);
- șlefuire medie și fină (simbol D - dusisare);
- polisare (simbol P);
- blocare (simbol B);
- formare (simbol F);
- teșire (simbol T).

La notarea completă se folosesc și semnele plus și minus pentru indicarea formei suprafeței (convexă, respectiv concavă) precum și valoarea razei de curbura.

Dispozitivele destinate prelucrării prin metoda rigidă sînt identice cu cele folosite la blocarea elastică a pieselor. Singura deosebire o constituie dispozitivele de blocat pentru prelucrarea suprafețelor convexe care au o construcție diferită, determinată de particularitățile metodei (fig.10.2).

După cum se poate vedea, ele sînt constituite din două părți: calota de blocare, în care se frezează locașurile pentru așezarea



lentilelor și partea de prindere cu prag de măsurare. Cele două părți se assemblează cu șuruburi, înainte de prelucrarea finală a sferei și a locașurilor, pentru realizarea unei centrări corespunzătoare.

Materiale. Pentru confecționarea dispozitivelor se utilizează materiale metalice, în general aliaje, ale căror proprietăți corespund condițiilor tehnologice impuse de operația respectivă.

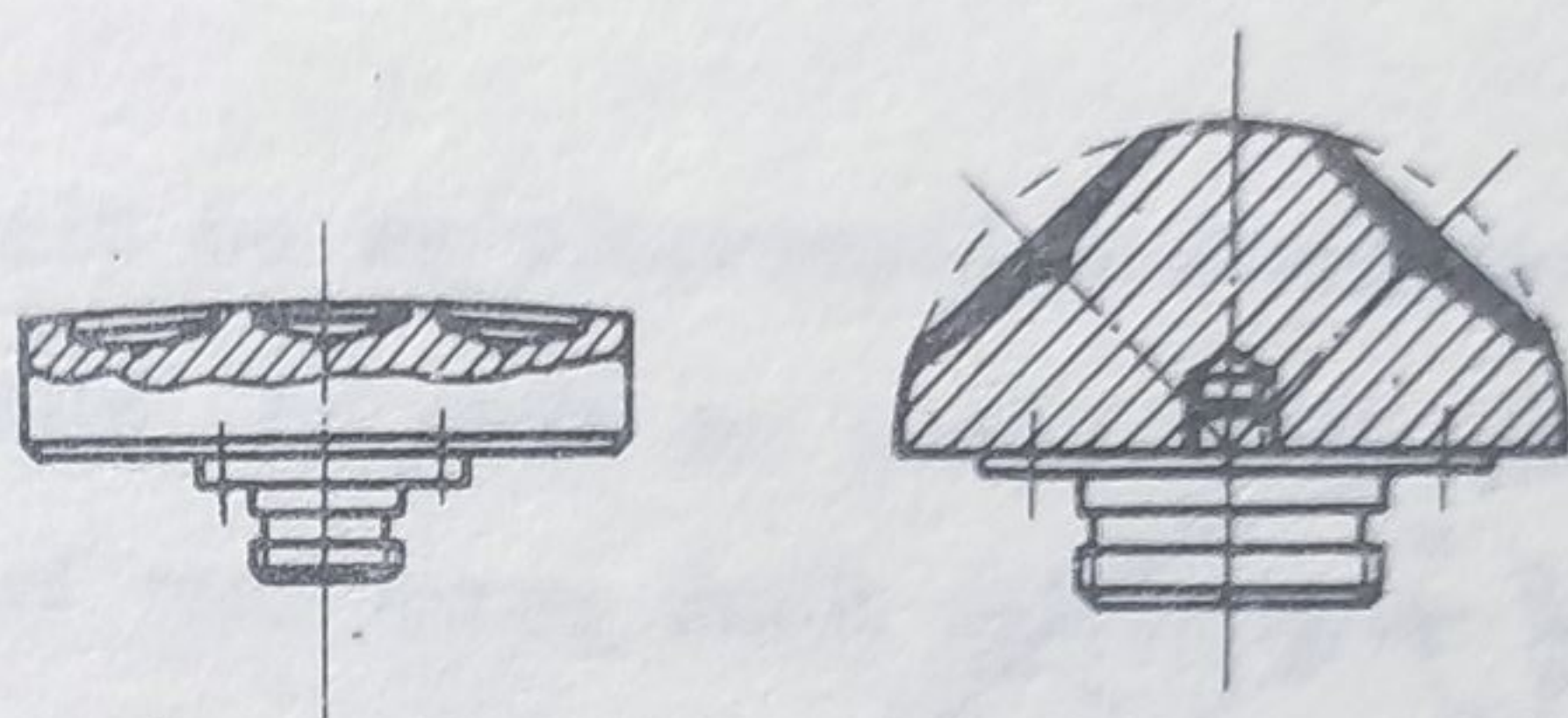


Fig.10.2. Dispozitive pentru blocare rigidă.

Fiind un material suficient de rezistent la

uzură și suportând șocuri termice de valoarea celor întâlnite în prelucrări optice, materialul cel mai des utilizat la confecționarea dispozitivelor optice este fonta cenușie - Fc 200 (STAS 568-75). Din fontă se pot executa toate tipurile de dispozitive menționate.

Trebuie însă de remarcat că dispozitivele pentru șlefuire fină nu pot fi executate decât din fontă de calitate superioară cu structură fină. În cazul în care nu se poate procura un asemenea material dispozitivele pentru șlefuire fină se execută din bronz - Bz 10T (STAS 197-76) și alamă, întrucât acesta are o structură fină și poate fi folosit la operații de finisare. Este însă mai moale și deci dispozitivele se dereglează mai frecvent.

Dispozitivele pentru format și teșit se execută din oțel - OLC 15 (STAS 880-66), iar cele de blocat din fontă.

Întrucât un lucrător trebuie să manipuleze și să transporte zilnic un mare număr de dispozitive, se pune problema greutateii. În



această situație, dispozitivele de blocat se pot executa din aliaje de aluminiu - ATCu 8 (STAS 201-71) sau ATSi 12 (STAS 201-71). Trebuie să fie însă manipulate cu grijă și să nu se supraîncălzească, întrucât se deformează ușor.

Dispozitivele pentru blocare rigidă se execută din aliaje de aluminiu (calota de blocare) și oțel sau fontă (partea de prindere).

#### Calculul dimensiunii dispozitivelor.

Pentru determinarea dimensiunilor dispozitivelor, respectiv a razelor de curbura ale acestora, în funcție de raza finală a lentilei, există numeroase studii teoretice. Importante sînt concluziile acestor studii, precum și rezultatele experienței de producție. Pentru edificare, se va prezenta baza de plecare a acestor studii (fig.10.3).

În figura 10.3 se consideră  $R_0$ , raza la care trebuie să ajungă piesa după prelucrarea

Fig.10.3. Schema de calcul a razelor de curbura ale dispozitivelor de șlefuit.

analizată. Considerîndu-se că de la prelucrarea anterioară piesa prezintă un strat de neregularități potrivit mărimii maxime a granulelor de abraziv cu care s-a lucrat, strat care trebuie îndepărtat de operația analizată și care este notat cu  $\Delta R_p$ , rezultă că raza piesei înainte de prelucrare este  $R_p = R_0 + \Delta R_p$ . Dacă se ține cont că la operația analizată, între piesă și dispozitiv se află abrazivul cu care se prelucrează și a cărui granulă are mărimea A, raza dispozitivului va fi;



$$R_D = R_p + A = R_o + \Delta R_p + A.$$

Același raționament repetat pentru fiecare abraziv cu care se lucrează, poate duce la calculul dimensiunii dispozitivului pentru fiecare treaptă de prelucrare, pornindu-se de la raza finală.

La fel se poate proceda și la calculul dispozitivelor pentru prelucrarea suprafețelor plane.

După cum spuneam, calculele ce se efectuează în acest mod au valoare teoretică, întrucât mașinile, cu care se prelucrează dispozitivele dau o eroare de câteva ori mai mare decât diferențele ce rezultă din calcul, la trecerea de la un abraziv la altul. Modul în care se acționează practic va fi descris ulterior.

Cele spuse anterior se referă la dispozitivele ce vin în contact direct cu abrazivul și nu la cele suport.

Dimensiunea dispozitivelor de blocat, se determină de exemplu, la blocarea elastică, pornind de la raza piesei și ținându-se cont de grosimea lentilei  $e$ , și grosimea pernței de mastic pe centrul lentilei  $t$ . Rezultă că raza dispozitivului de blocat este:

$$R_B = R \pm (e + t).$$

Semnul plus se ia la prelucrarea suprafețelor concave, iar semnul minus la prelucrarea suprafețelor convexe.

La dispozitivele pentru blocarea rigidă, raza calotei de blocare, se determină ținându-se cont că între aceasta și dispozitiv (suprafața ce se prelucrează a lentilei), trebuie să existe un spațiu de 1-2 mm.

De asemenea, la dispozitivele pentru polisare, raza ceștii sau capului ce se va utiliza la confecționarea polisorului, se deter-



mină ținând cînt de grosimea stratului de pîslă în stare presată, la polisarea pe pîslă, sau de grosimea maximă a stratului de mastic pentru polisare, la polisare pe mastic (la polisoarele cap se scad, iar la cele ceașcă se adună valorile respective).

Raza dispozitivelor de teșit se poate calcula matematic funcție de înclinarea cerută a fașetei, diametrul  $D$  al lentilei și curbura suprafeșei. De exemplu, pentru fașete la  $45^{\circ}$  și raza de curbură mari se poate lua raza de curbură a dispozitivului de teșit  $R_T = 0,7 D$ .

Verificarea și reglarea dispozitivelor la trecerea de la un abraziv la altul. Verificarea razelor de curbură sau a planității dis-

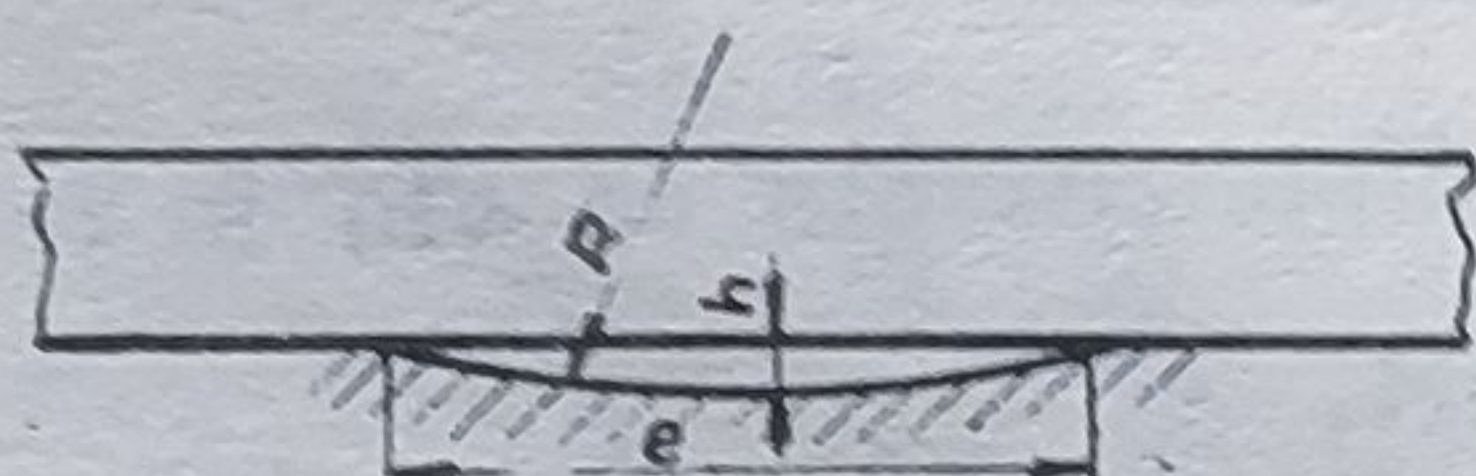


Fig.10.4. Verificarea suprafeșelor plane cu rigla.

pozitivelor, este necesar a se efectua înainte de începerea lucrului. Aceasta pentru a verifica starea dispozitivului, dacă cu el au fost prelucrate anterior piese similare, sau pentru a da

raza corectă de curbură, dacă dispozitivul este nou. Verificarea se face și în timpul lucrului, pentru a aprecia uzura acestuia și a face reglajele necesare.

Verificarea planității suprafeșelor plane ale dispozitivelor de șlefuit se face cu ajutorul unor rigle metalice speciale (rigle fir de pîr) sau cu rigle de sticlă special confecționate în acest scop. Aprecierea stării suprafeșei se face după fanta de lumină ce se poate observa dacă rigla nu se așterne corect pe suprafață (fig.10.4).

Apreciîndu-se mărimea fantei  $h$  și măsurîndu-se distanța de așezare a riglei se poate calcula raza de curbură  $R$  cu relația:

$$R = \frac{l^2}{8h} + \frac{h}{2}.$$



Deoarece se pot distinge cu ochiul liber fante de ordinul a  $0,01 - 0,02$  mm, verificarea se poate face cu suficientă exactitate.

Același procedeu se folosește și pentru reglarea dispozitivelor pentru prelucrarea unor piese cu raze foarte mari de curbură ( $10\ 000 - 15\ 000$  mm), pentru care nu există alte posibilități de verificare și pentru care dispozitivele trebuie confecționate din platouri. Ulterior raza de curbură se determină precis prin calibrare.

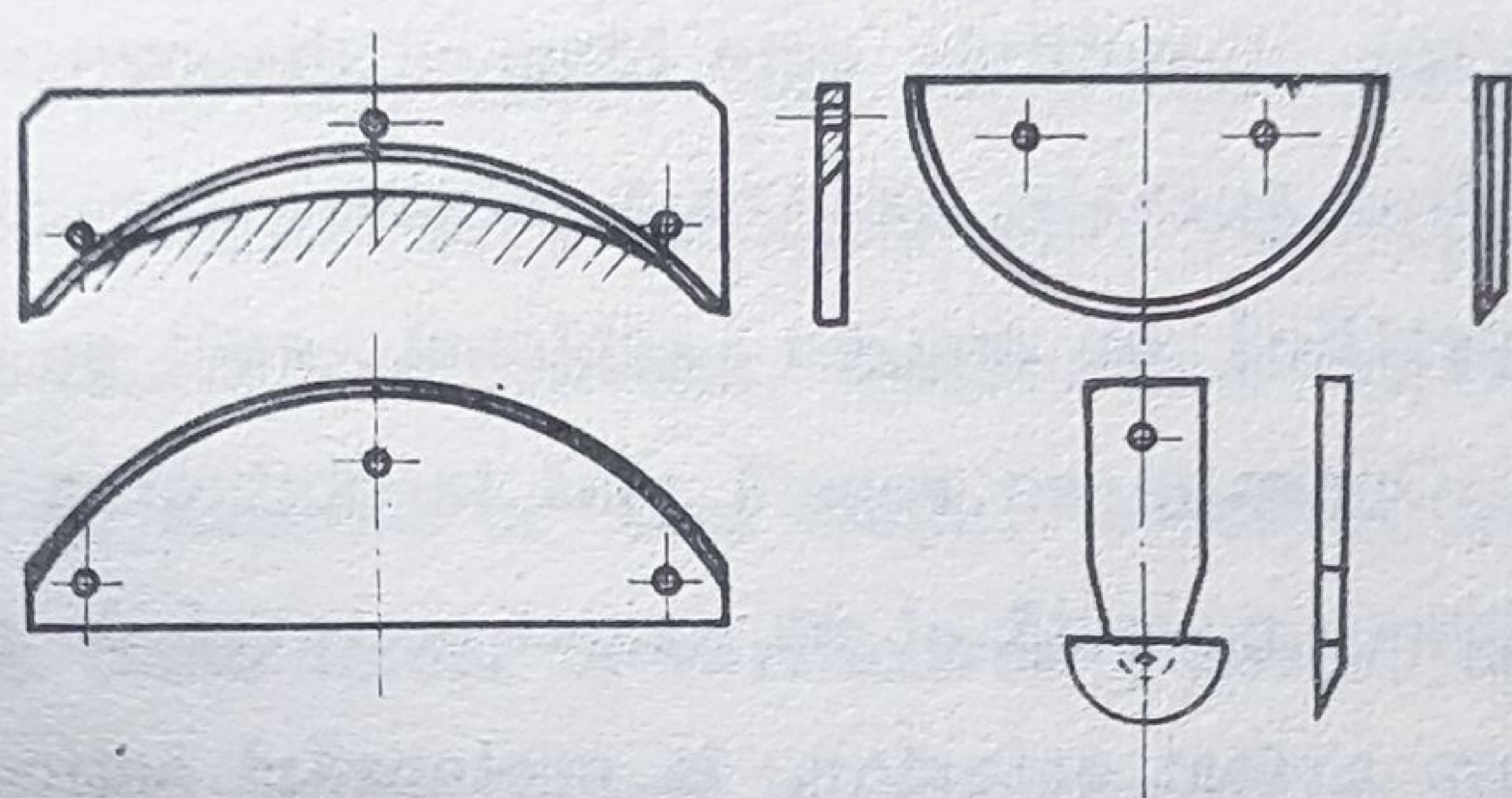


Fig.10.5. Șabloane pentru verificarea razelor de curbură.

Verificarea razelor de curbură ale dispozitivelor, pentru suprafețe convexe sau concave, se efectuează cu ajutorul unor verificatoare special construite, denumite șabloane (fig.10.5).

Acestea sînt confecționate din tablă de oțel cu grosime de 4-6 mm. Raza exactă se realizează prin rectificare (precizie  $0,05 - 0,1$  mm). De regulă șabloanele se execută perechi (unul convex și unul concav) pentru aceeași rază, întrucît unul servește la verificarea dispozitivului, iar celălalt la verificarea piesei.

Aprecierea abaterii la rază a piesei sau dispozitivului se face după fanta de lumină observată, după locul de contact al șablonului cu dispozitivul sau piesa prelucrată pe dispozitiv.



Deoarece se pot distinge cu ochiul liber fante de ordinul a  $0,01 - 0,02$  mm, verificarea se poate face cu suficientă exactitate.

Același procedeu se folosește și pentru reglarea dispozitivelor pentru prelucrarea unor piese cu raze foarte mari de curbură ( $10\ 000 - 15\ 000$  mm), pentru care nu există alte posibilități de verificare și pentru care dispozitivele trebuie confecționate din platouri. Ulterior raza de curbură se determină precis prin calibrare.

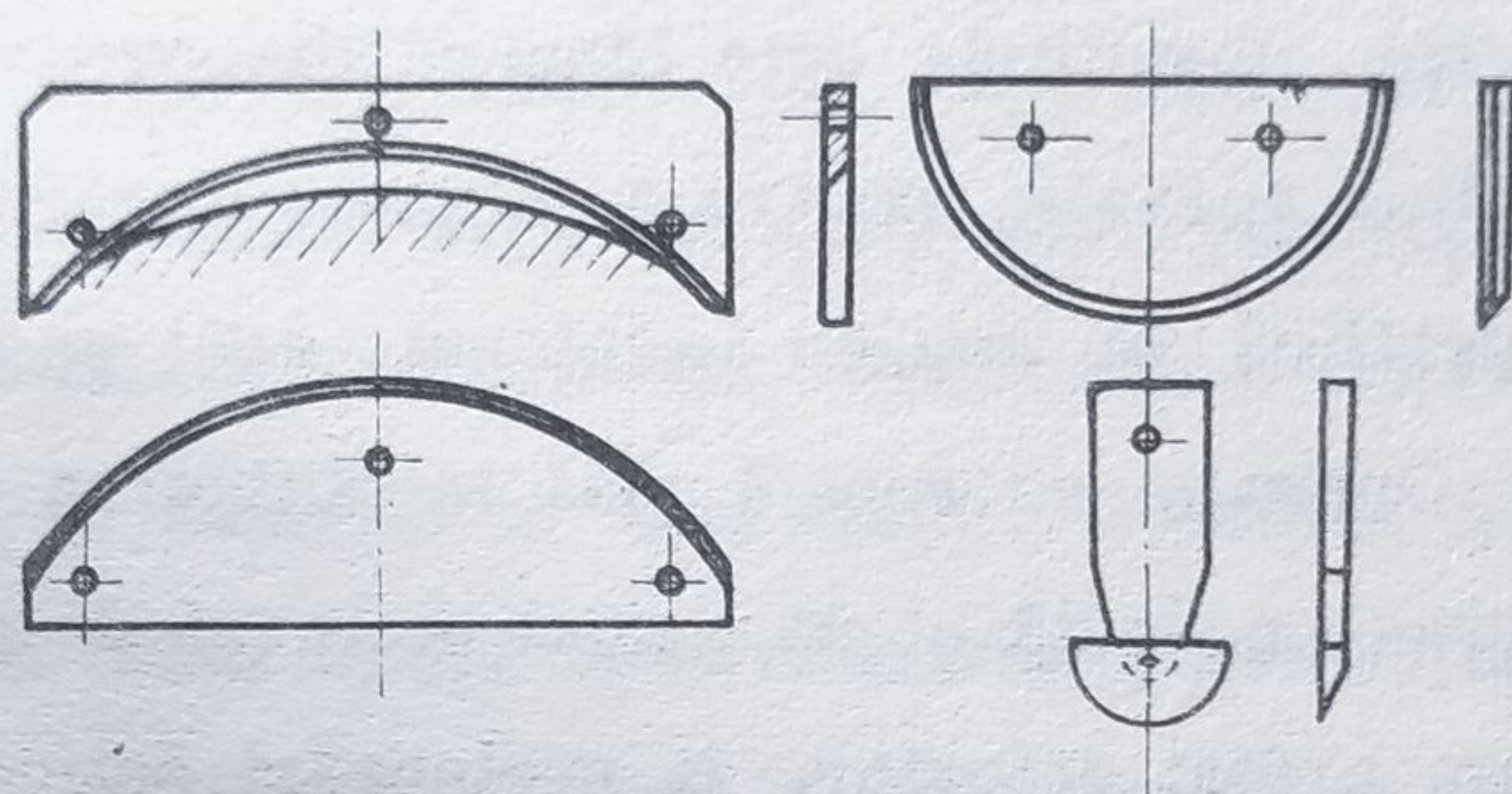


Fig.10.5. Șabloane pentru verificarea razelor de curbură.

Verificarea razelor de curbură ale dispozitivelor, pentru suprafețe convexe sau concave, se efectuează cu ajutorul unor verificatoare special construite, denumite șabloane (fig.10.5).

Acestea sînt confecționate din tablă de oțel cu grosime de 4-6 mm. Raza exactă se realizează prin rectificare (precizie  $0,05 - 0,1$  mm). De regulă șabloanele se execută perechi (unul convex și unul concav) pentru aceeași rază, întrucît unul servește la verificarea dispozitivului, iar celălalt la verificarea piesei.

Aprecierea abaterii la rază a piesei sau dispozitivului se face după fanta de lumină observată, după locul de contact al șablonului cu dispozitivul sau piesa prelucrată pe dispozitiv.



Dacă se constată abateri, trebuie să se procedeze la o reglare a dispozitivului, în sensul indicat de șablon. Dacă contactul dintre șablon și dispozitiv se face la marginea dispozitivului, se va regla din marginea acestuia și invers.

Reglarea se execută cu o bucată dintr-un disc abraziv uzat, de granulație corespunzătoare, dacă diferențele sînt mici, sau cu un cuțit de reglare confecționat special dintr-o freză disc uzată (de exemplu), dacă diferențele sînt mai mari.

După reglarea cu cuțitul, este bine ca dispozitivul să se finiseze cu bucata de disc abraziv, pentru a micșora neregularitățile. După reglare, se verifică din nou cu șablonul, apoi se execută cîteva piese de probă. Operația se repetă pînă la obținerea corectă a razei. Spunem obținerea corectă și nu exactă a razei de curbură, întrucît, după cum am arătat anterior, în prelucrări optice este necesar să se respecte principiul prelucrării de la margine spre centru, deci raza exactă se obține numai după operația de polisare, raza piesei la operațiile intermediare variind potrivit stadiului de finisare al piesei.

Verificarea razelor de curbură se poate face și cu ajutorul unui dispozitiv inelar cu ceas comparator. Muchiile inelului trebuie să fie foarte fine și fără urme de lovituri. Pentru o valoare a săgeții măsurată cu ceasul comparator, la o valoare dată a diametrului inelului, se pot calcula tabele de corespondență. Acest sistem, ca și cel cu șabloane, are însă dezavantajul că dă indicații locale (valori pentru punctul sau generatoarea măsurată) și nu poate da indicii privind uniformitatea curburii.

Pentru aceasta, verificările cu șablonul sau cu dispozitivul cu ceas comparator, sînt valabile numai pentru etapele intermedia-



re. După terminarea unei operații, în vederea trecerii la o altă operație, întrucât diferențele de curbură sînt foarte mici, se utilizează verificarea razelor de curbură ale lentilelor folosind metoda rodării. Aceasta prezintă avantajul că poate sesiza aceste diferențe și poate da indicații și asupra uniformității suprafeței. Cunoscînd figura de rodare de pe piesă, se trag concluzii privind reglajul ce trebuie efectuat dispozitivului.

La trecerea de la o operație la alta (de exemplu, de la șlefuire brută la șlefuire medie sau fină) este necesar ca prelucrarea piesei să înceapă de la margine spre centru, indiferent dacă suprafața este concavă sau convexă. Pentru aceasta, cunoscînd că operația ulterioară se execută în trei etape: blocare, șlefuire medie și șlefuire fină, se poate folosi la verificarea pieselor după operația de șlefuire brută un dispozitiv folosit la operația de blocare (direct, sau unul identic cu acesta). Lucrătorul ce execută operația de șlefuire fină trebuie să aibă dispozitivele corect reglate unul față de altul.

La verificarea piesei după operația de șlefuire brută, aceasta se deplasează cu mîna pe suprafața dispozitivului de control (dispozitiv special, identic cu dispozitivul de blocat). Suprafața piesei trebuie să fie perfect curată și uscată.

Fie datorită unui praf de rodare pus pe dispozitivul de control, fie datorită oxizilor de pe suprafața acestuia, în timpul deplasării piesei pe dispozitiv, pe suprafața de contact, apare o tentă colorată.

Piesa este considerată satisfăcătoare, dacă contactul dintre piesă și dispozitivul de control se face marginal, pe cel puțin două treimi din rază.

În nici un caz nu se va admite piesa la care contactul se face pe centru, întrucît acestea nu se pot bloca corect, avînd poziția instabilă (piese numite convexe).



Revenind la reglarea corectă a grupului de dispozitive pentru executarea operației de șlefuire medie și fină, pentru prelucrarea corectă a suprafeței, între acestea trebuie să se mențină în permanență o strânsă concordanță.

Această concordanță constă în aceea că, la executarea operației de șlefuire medie, blocul fiind necesar să lucreze de asemenea de la margine spre centru, între raza dispozitivului de blocat și raza dispozitivului utilizat pentru șlefuirea medie, trebuie să existe diferența corespunzătoare. La fel trebuie să existe diferență între zona dispozitivului pentru șlefuire medie și cea a dispozitivului pentru șlefuire fină.

#### 10.2. Dispozitive specifice pentru prelucrări pe mașini

Aceste dispozitive pentru bazarea și fixarea pieselor optice de prelucrat pe mașini au rolul de legătură între semifabricat și mașina-uneltă. Scopul lor este de a realiza condiții de precizie pentru piesa de prelucrat și de a folosi la maximum toate posibilitățile de prelucrate ale mașinii-unelte, pentru mărirea productivității și reducerea timpilor de lucru și auxiliari.

Aceste dispozitive pot fi în formă de plăci de blocare (pentru mașini de debitat), platouri de blocare (pentru mașini de frezat plan), dornuri și pastile pentru mașini de rotunjit (fig. 10.6), pense (pentru mașini de frezat sferic), dispozitive de frezare, decupare, pensete pentru vid (fig. 10.7), dispozitive de lepuiare (fig. 10.8), dispozitive pentru blocare (fig. 10.9), molette pentru centrare și auto-centrare (fig. 10.10) etc.

Arborele de antrenare dreapta (fig. 10.6) folosit pentru prinderea și rotirea coloanei de piese la o mașină de rotunjit, se com-



pune din arborele 1, prevăzut cu con și treaptă de strângere pe arborele de lucru al mașinii, din pastila 2 de strângere cu știft de antrenare 3 a coloanei de piese 4 și bila de rulment 5, pe care se rotește coloana cu pastile în timpul lucrului. Arborele de antrenare stînga este identic cu cel din dreapta cu excepția știftului de antrenare 3, care nu mai este necesar, deoarece rotirea coloanei se realizează de la arborele din dreapta. Diametrul pastilei se prelucurează cu 1-2 mm mai mic decît diametrul final al piesei.

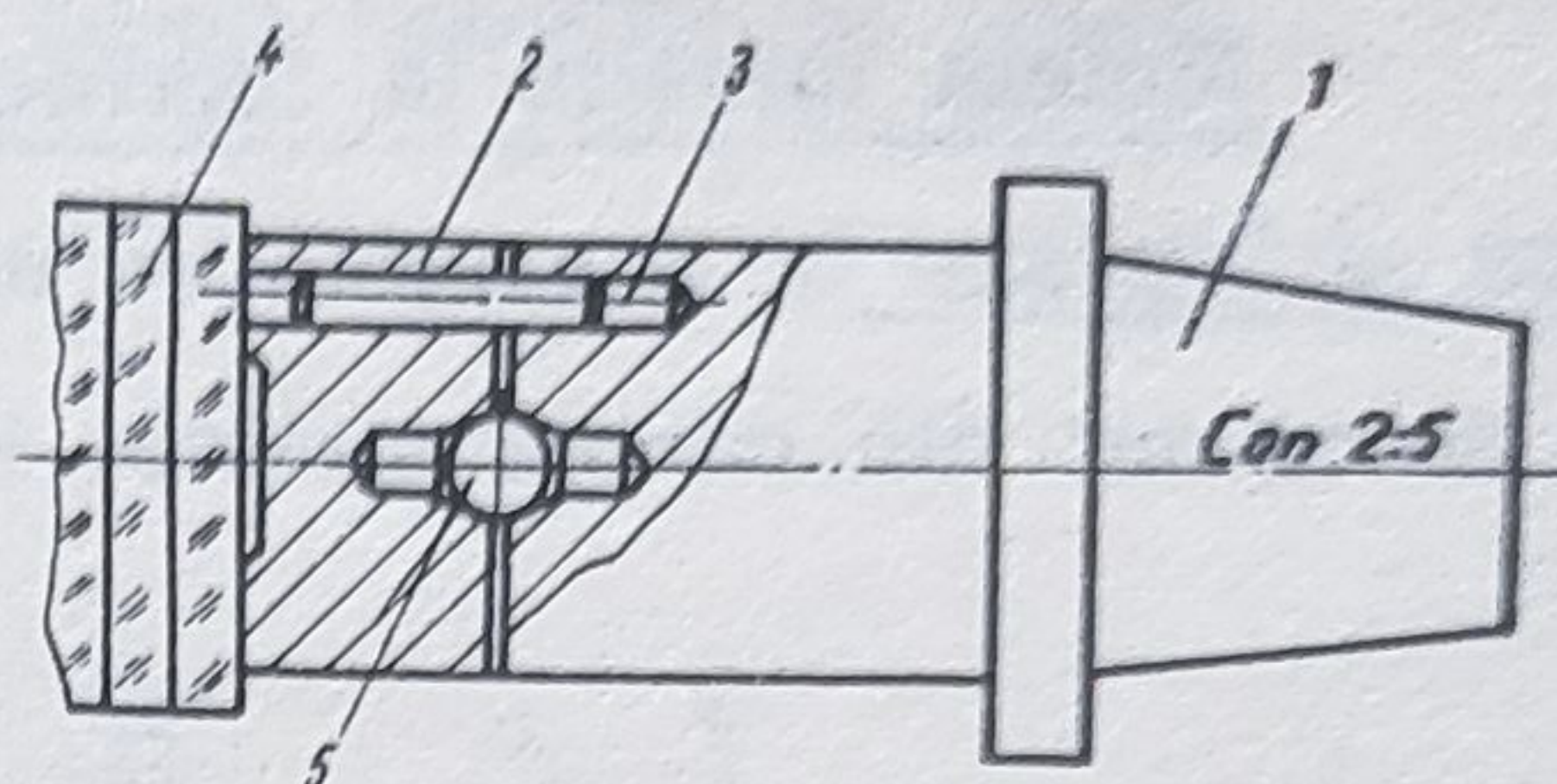


Fig.10.6. Arbore de antrenare dreapta pentru mașina de rotunjit.

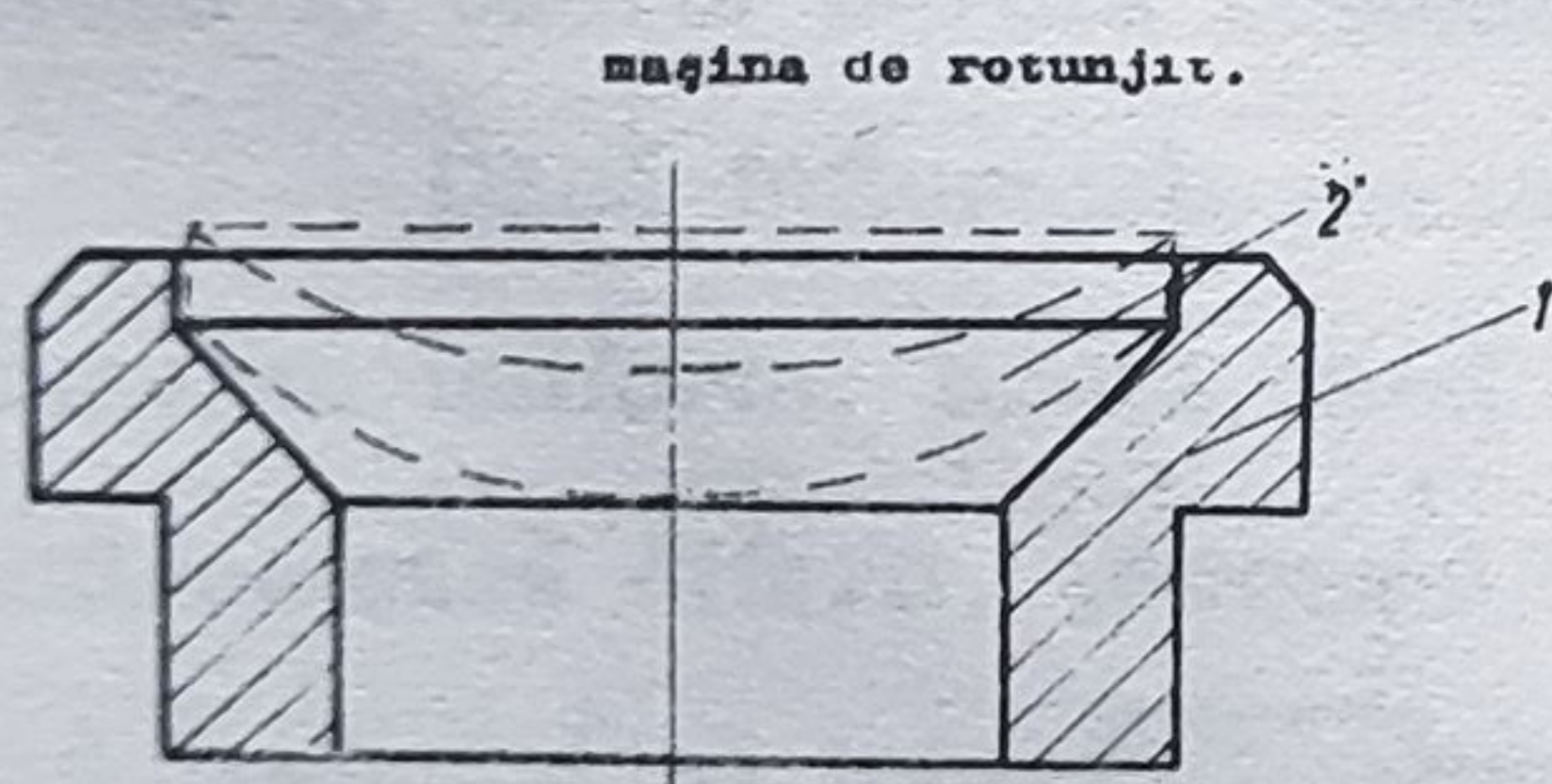


Fig.10.7. Pensetă pentru prindere cu vid.

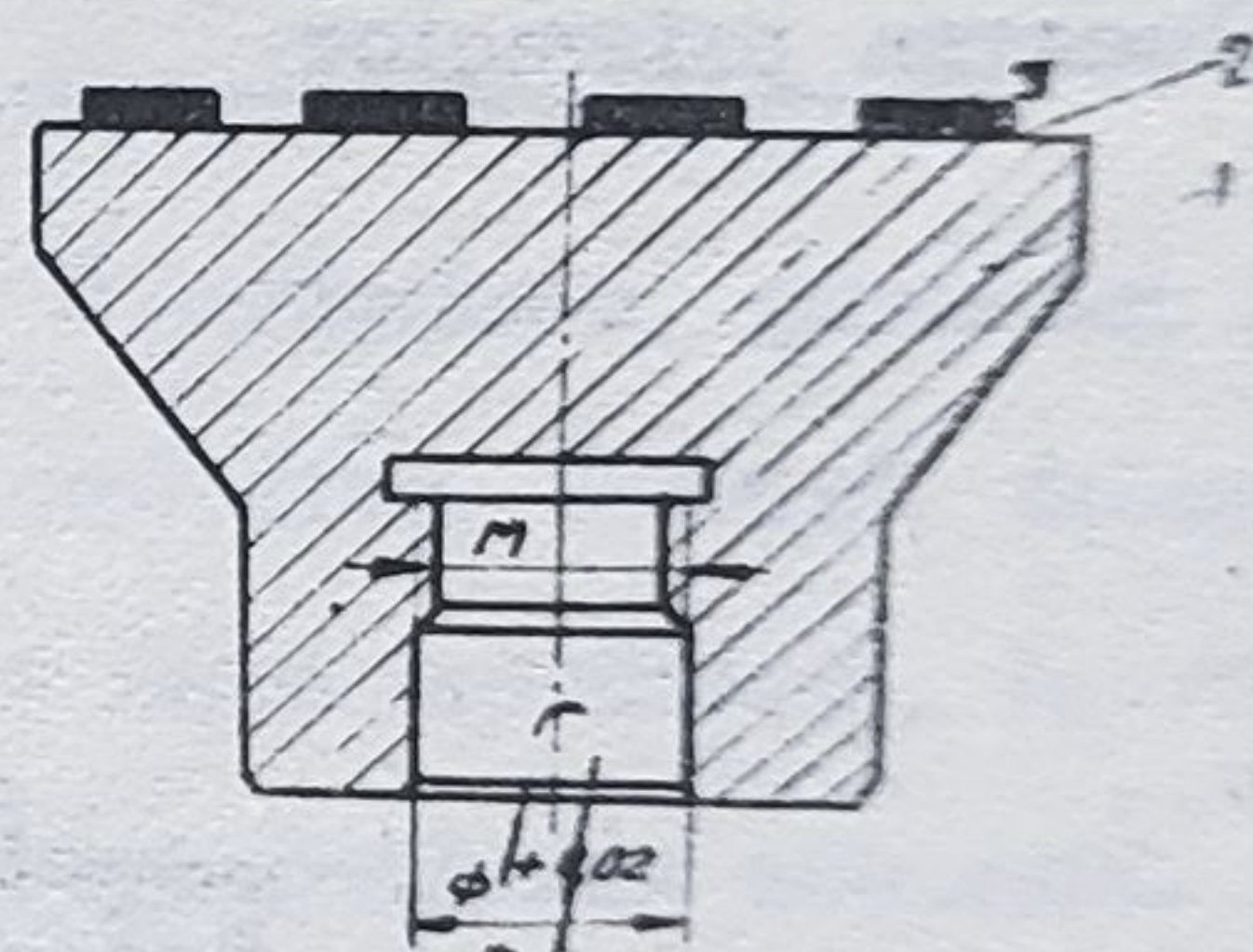


Fig.10.8. Dispozitiv pentru lepuiare plană.

Penseta 1 (fig.10.7) folosită pentru fixarea cu vid a pieselor la mașina specială de frezat asferic, are un locaș conic în care se așază lentila de prelucrat 2.

Dispozitivul folosit pentru lepuierea plană a prismelor și sticlelor plan-paralele (fig.10.8) se compune din platoul 1 cu partea de prindere pe arborele mașinii, adezivul 2 și pastila de lepuit 3.



Dispozitivul pentru blocare a prismelor pentru șlefuirea și polisarea plană (fig.10.9) se compune din platoul 1, inelul 2, ipso-  
sul 3 și piesele de prelucrat 4.

Moleta folosită la fixarea lentilelor pentru centrare, debor-  
dare și fațetare la o mașină de debordat cu vizare optică (fig.10.10,a)  
se compune din corpul moletei 1, masticul de blocare 2 și piesa de

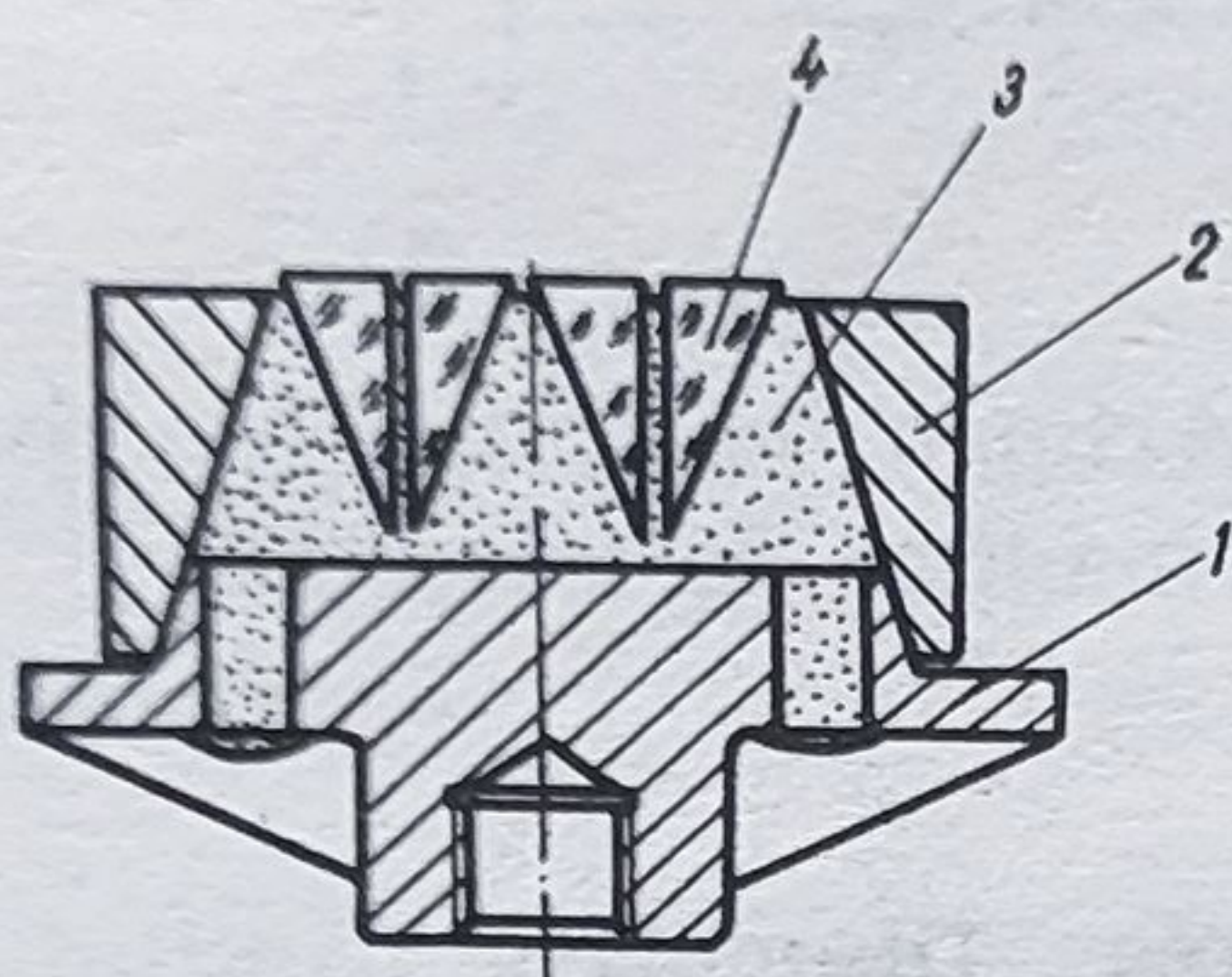


Fig.10.9. Dispozitiv pentru  
blocarea prismelor.

prelucrat 3. Pentru mașinile de  
debordat prin autocentrare, mole-  
ta este dublă (fig.10.10,b): mole-  
ta din stînga 1, piesa de prelu-  
crat 2 și moleta din dreapta 3,  
cele două molette fiind fixate pe  
arborii mașinii prin înșurubare.

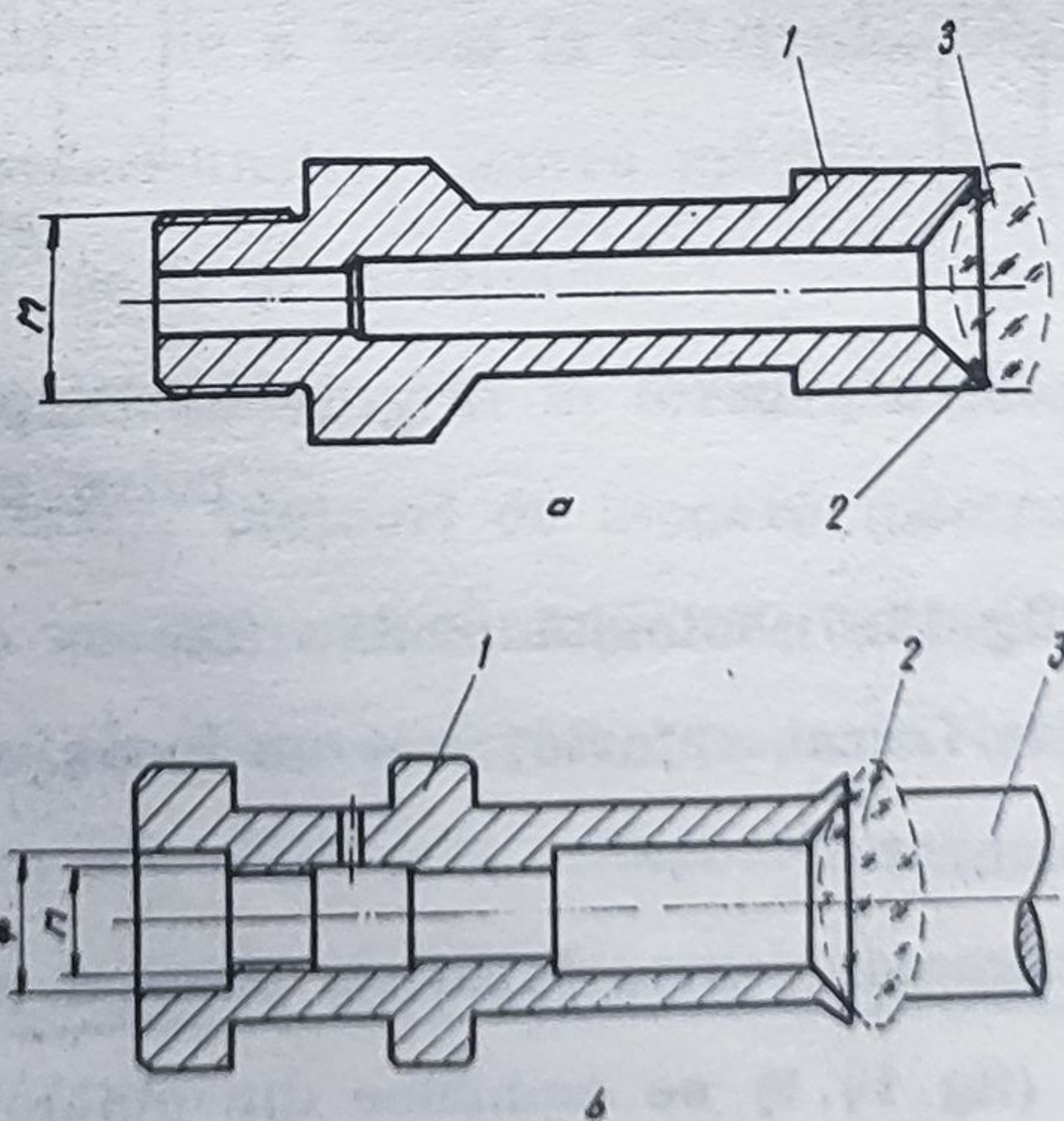


Fig.10.10. Molette pentru centrare, debordare și fațetare :  
a- cu vizare optică; b- cu autocentrare.



Materialele întrebuințate pentru executarea dispozitivelor la mașini se aleg în funcție de necesități. În general se întrebuințează oțeluri OLC 45 și OLC 60 (STAS 880-66). Pentru executarea moletelor de centrare se întrebuințează oțeluri speciale de scule.

## Capitolul 11

### INFLUENȚA PRINCIPALILOR FACTORI TEHNOLOGICI ASUPRA UNIFORMITĂȚII UZURII BLOCULUI ȘI DISPOZITIVULUI

Procesele de șlefuire și polisare a sticlei sînt procese complexe în cadrul cărora acționează diferiți factori tehnologici.

Dacă influențele acestor factori ar fi constante, procesul ar decurge uniform, uzura fiind la rîndul ei uniformă. Întrucît factorii influențează diferit, procesul de prelucrare este neuniform, lucrătorul trebuind să intervină pentru corectarea și dirijarea acestuia.

Dacă din cauza neglijării unui factor sau neatenției lucrătorului, nu se corectează un proces ce prezintă intensificare a prelucrării, să presupunem marginal, depășirea limitei necesare de prelucrare (obținerea sferei prescrise) are consecință directă asupra duratei prelucrării, întrucît aceasta trebuie prelungită cu timpul necesar corectării suprafeței (intensificarea procesului de șlefuire în zona centrală).

Trebuie menționat că procesul de polisare fiind mai laborios decît cel de șlefuire, o prelucrare neuniformă are aci consecințe mai



importante asupra duratei operației, fiind de multe ori preferabil să se reia operația de șlefuire fină, decât să se încerce corectarea abaterilor prin polisare. Aceasta poate duce însă, în afara prelungirii nejustificate a operației și la subțierea și deci rebutarea pieselor respective.

Este deci necesar a se prezenta influența principalilor factori tehnologici, pentru ca pe această bază să se poată trage concluziile privind reglarea mașinii în timpul lucrului.

### 11.1. Influența variației vitezei liniare la prelucrare

Menționându-se faptul că intensitatea procesului de prelucrare este proporțională cu viteza liniară și cum aceasta variază de la centru la marginea dispozitivului, se ajunge la concluzia necesității rotației blocului sau piesei în jurul axei sale ( $\omega_2$ ) și deplasării piesei pe suprafața dispozitivului ( $\omega_3$ ).

În cazul prelucrării suprafețelor sferice situația se prezintă analog (fig. 11.1, a).

Se vede din figură că datorită variației vitezei liniare, se produce o intensificare a procesului la marginea dispozitivului ce impune aceleași condiții (rotația piesei sau blocului în ju-

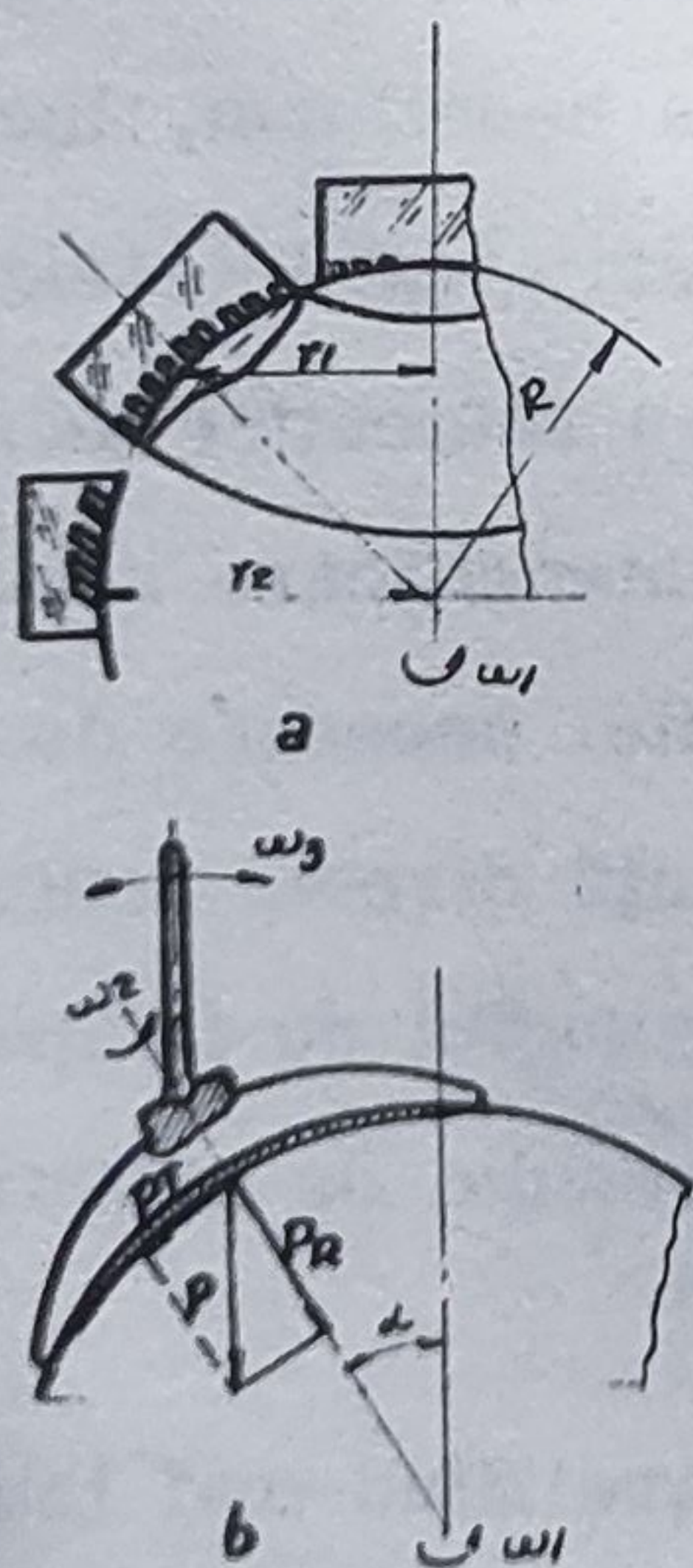


Fig. 11.1. Influența variației vitezei (a) și presiunii (b) la prelucrarea suprafețelor sferice pe mașini cu braț oscilant.



rul axei sale ( $\omega_2$ ) și oscilația blocului față de dispozitiv ( $\omega_3$ ). Respectarea acestor condiții duce la o intensitate uniformă a procesului pe întreaga suprafață.

### 11.2. Influența variației cursei antrenorului asupra intensității procesului

Trebuie menționat că cele afirmate anterior (uniformitatea prelucrării la introducerea mișcărilor suplimentare ( $\omega_2$  și  $\omega_3$ ) sînt valabile numai atîta timp cît blocul nu depășește marginea dispozitivului. Menținîndu-se în cadrul exemplului ales de prelucrare a unor piese cu suprafață concavă (dispozitiv fixat în axul mașinii și bloc antrenat) se poate ușor deduce influența măririi cursei respectiv depășirea marginilor dispozitivului de către marginea blocului. În condițiile măririi cursei și depășirii marginii dispozitivului, este evident că marginea blocului nu va mai fi în contact permanent cu dispozitivul, deci se produce o reducere a intensității prelucrării părții marginale, pe de o parte, iar pe de altă parte centrul blocului este deplasat către zona marginală a dispozitivului, deci zona de viteze mai mari, suportînd o intensificare a procesului. Se vede deci clar că variația cursei poate constitui un element de dirijare a lucrului.

Același efect îl produce și deplasarea traiectoriei antrenorului, dincolo de centrul axului mașinii, prin scoaterea în afară a antrenorului.

### 11.3. Influența variației presiunii

Influența variației presiunii poate fi de asemenea ilustrată cu ajutorul figurii 11.1,b. La mașinile la care presiunea de lucru este dată de greutatea adiționale așezate pe antrenor, se poate deduce din



rul axei sale ( $\omega_2$ ) și oscilația blocului față de dispozitiv ( $\omega_3$ ). Respectarea acestor condiții duce la o intensitate uniformă a procesului pe întreaga suprafață.

### 11.2. Influența variației cursei antrenorului asupra intensității procesului

Trebuie menționat că cele afirmate anterior (uniformitatea prelucrării la introducerea mișcărilor suplimentare ( $\omega_2$  și  $\omega_3$ ) sînt valabile numai atîta timp cît blocul nu depășește marginea dispozitivului. Menținîndu-se în cadrul exemplului ales de prelucrare a unor piese cu suprafață concavă (dispozitiv fixat în axul mașinii și bloc antrenat) se poate ușor deduce influența măririi cursei respectiv depășirea marginilor dispozitivului de către marginea blocului. În condițiile măririi cursei și depășirii marginii dispozitivului, este evident că marginea blocului nu va mai fi în contact permanent cu dispozitivul, deci se produce o reducere a intensității prelucrării părții marginale, pe de o parte, iar pe de altă parte centrul blocului este deplasat către zona marginală a dispozitivului, deci zona de viteze mai mari, suportînd o intensificare a procesului. Se vede deci clar că variația cursei poate constitui un element de dirijare a lucrului.

Același efect îl produce și deplasarea traiectoriei antrenorului, dincolo de centrul axului mașinii, prin scoaterea în afară a antrenorului.

### 11.3. Influența variației presiunii

Influența variației presiunii poate fi de asemenea ilustrată cu ajutorul figurii 11.1,b. La mașinile la care presiunea de lucru este dată de greutatea adiționale așezate pe antrenor, se poate deduce din



figură variația presiunii de lucru ce se datorează componentei radiale a forței de apăsare. Forța dată de greutatea adițională acționând pe verticală, la o înclinare a antrenorului cu unghiul  $\alpha$  componenta radială a forței  $P$  ( $P_r = P \cos \alpha$ ), ceea ce înseamnă că în condițiile limită  $\alpha = 0^\circ$  și  $\alpha = 90^\circ$  valoarea componentei radiale  $P_r$  scade de la  $P_r = P$ , la centrul dispozitivului la  $P_r = 0$ , la marginea acestuia.

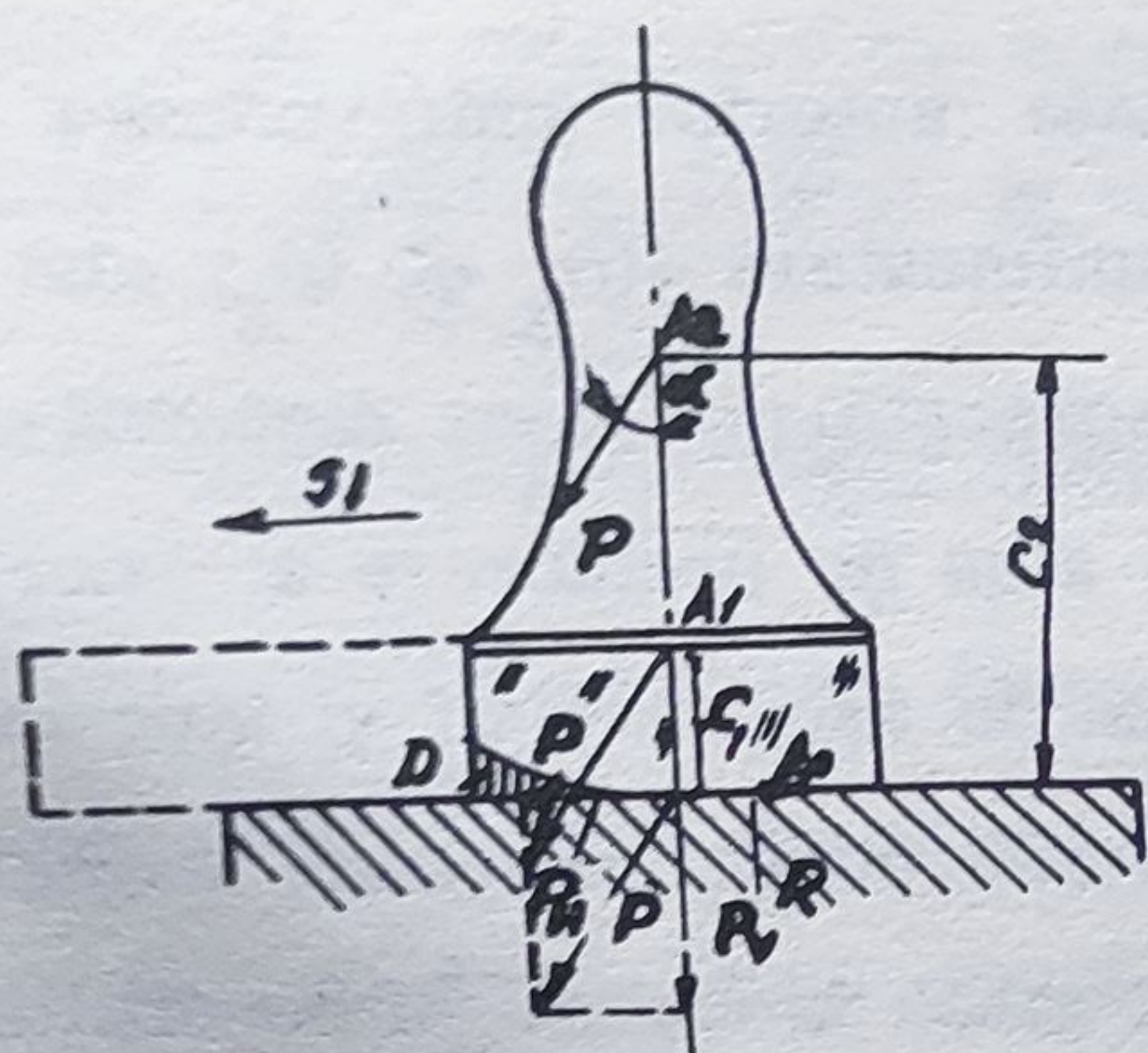


Fig. 11.2. Influența variației presiunii la prelucrarea fețelor plane.

Se vede deci clar dezavantajul acestui sistem de realizare a presiunii de lucru și se explică necesitatea introducerii sistemelor pneumatice sau cu resort, ce pot menține o presiune constantă. Neuniformitatea presiunii de lucru mai prezintă și un alt aspect. În figura 11.2 este reprezentată pentru exemplificare prelucrarea manuală a unei piese cu suprafețe plane.

Este evident că punctul de aplicare al forței de antrenare ( $A_1, A_2$ ) nu poate fi niciodată pe suprafața prelucrată. Se poate afla cel mult la partea superioară a piesei (la prelucrarea manuală bucată cu bucată) sau deasupra acesteia, în cazul prelucrării în bloc.

Datorită necesității de deplasare a piesei sau blocului, direcția de aplicare a forței nu este normală la suprafața piesei, ci înclinată cu un unghi  $\alpha$ .

În aceste condiții se vede din figură că reacțiunea componentei de deplasare  $P_H$  dă față de punctul de aplicație al forței un moment de răsturnare ( $P_H C_2$  sau  $P_H C_1$ ), ce are ca efect intensificarea prelucrării marginii piesei. Soluțiile pentru prevenirea acestui efect se impun de la sine:



- coborîrea punctului de aplicare a forței cît mai aproape de suprafața prelucrată, pentru micșorarea momentului de răsturnare;
- deplasarea piesei astfel încît să se depășească marginea dispozitivului, micșorîndu-se astfel intensitatea prelucrării marginale și accentuîndu-se prelucrarea pe centrul piesei, datorită creșterii presiunii de lucru prin micșorarea suprafeței de așezare.

#### 11.4. Influența dimensiunilor dispozitivului

Dacă dispozitivul de lucru are diametrul mai mic decît piesa sau blocul, efectul în prelucrare se manifestă similar ca în cazul măririi cursei datorită depășirii marginii dispozitivului de către bloc. În afară de aceasta, nu se asigură nici o poziție stabilă a blocului în timpul lucrului. Ca atare, în situațiile în care blocul are dimensiuni mai mari decît dispozitivul, acesta nu va fi așezat niciodată deasupra dispozitivului.

#### 11.5. Influența fărîmitării neuniforme a granulelor de abrazivi

La prelucrarea suprafețelor care depășesc marginea dispozitivului, după cum s-a arătat, se produce o intensificare a prelucrării în zona centrală a blocului. Paralel cu aceasta însă, datorită fărîmitării neuniforme a abrazivului, cît și datorită repartizării neuniforme a acestuia, granulele mai mari repartizîndu-se spre marginea dispozitivului, se produce o accentuare a prelucrării marginii blocului (fig. 11.3).

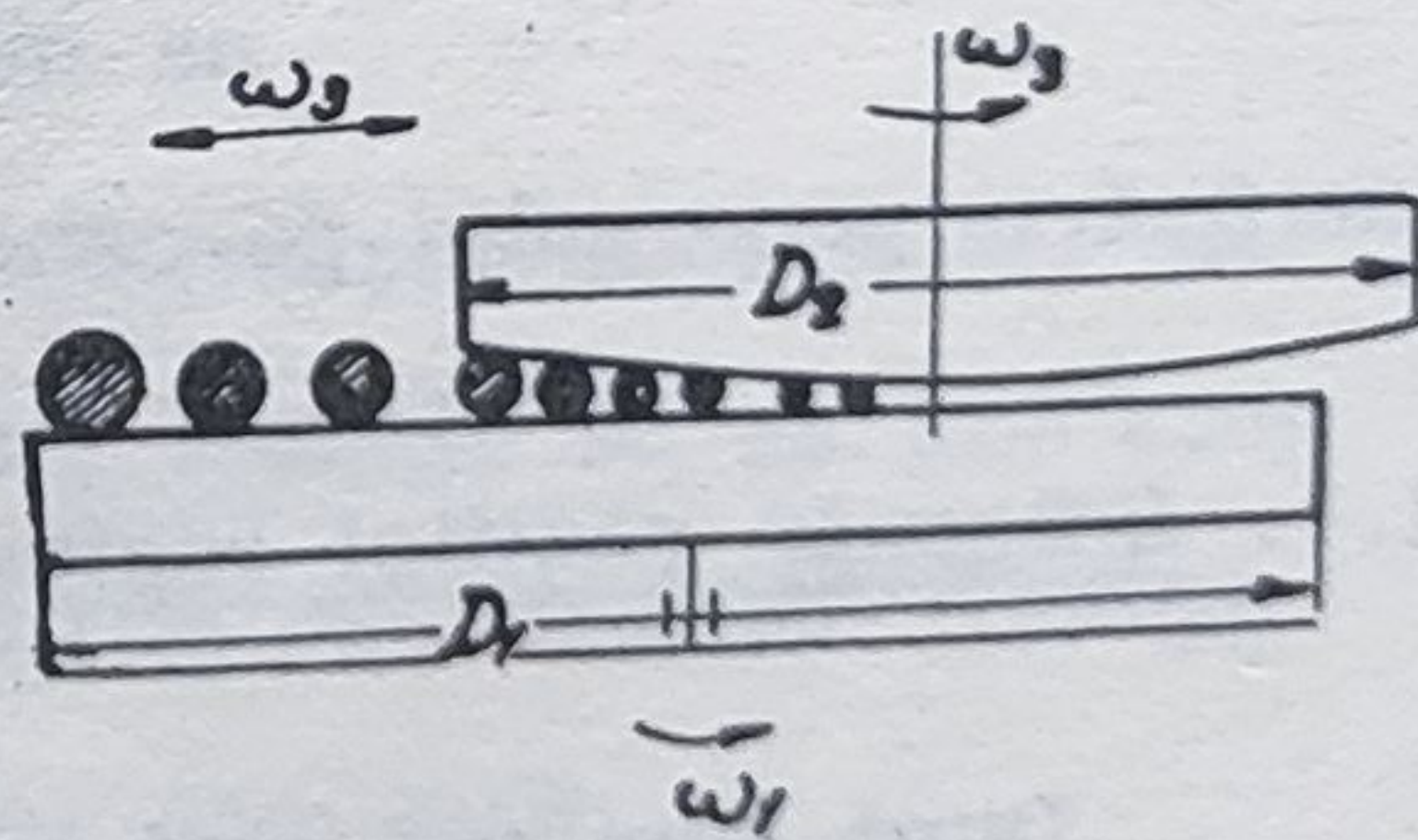


Fig. 11.3. Influența fărîmitării neuniforme a abrazivului.



Procesul este accentuat în cazul alimentării discontinue cu abrazivi (cu pensula). Ca atare este bine să se utilizeze dispozitive de alimentare cu abrazivi, de preferat cele la care alimentarea se face prin centrul dispozitivului sau în cazul alimentării manuale, să se oprească mașina în timpul alimentării, pentru a se alimenta toată suprafața dispozitivului cu abraziv.

Rezultă că nu este indicată alimentarea discontinuă cu abrazivi în timpul mersului mașinii.

#### 11.6. Influența reglării dispozitivului

În timpul prelucrării, piesa de prelucrat, sub acțiunea abrazivului, își modifică forma, căutând să copieze forma dispozitivului. În aceste condiții rezultă că modificând forma dispozitivului se poate obține o modificare a formei piesei, se poate deci influența procesul de prelucrare într-un sens determinat. După cum se vede și

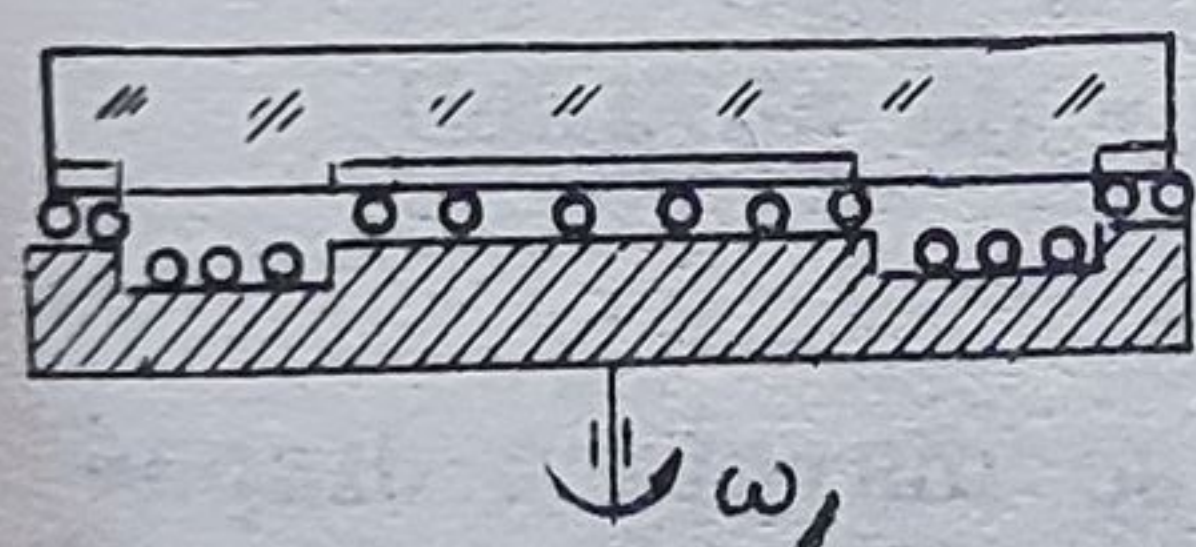


Fig. 11.4. Influența reglării dispozitivului.

din figura 11.4 în zonele în care dispozitivul a fost reglat, formându-se unele adâncituri datorită micșorării suprafeței de contact, intensitatea procesului de prelucrare se micșorează. De exemplu, în figură a fost reglată zona marginală a dispozitivului, în vederea in-

tensificării procesului pe centrul piesei.

#### 11.7. Influența poziției reciproce a blocului și dispozitivului

După cum s-a mai arătat, la prelucrarea manuală a pieselor, dispozitivul este fixat în axul mașinii, iar piesa de prelucrat se află deasupra. Aceasta din necesitatea de a se putea verifica piesa în timpul prelucrării și din considerente de stabilitate.



La prelucrarea pieselor pe mașini, după cum s-a arătat, este necesară apropierea cât mai mare a punctului de aplicare a forței de suprafața de prelucrat. În situația în care un dispozitiv cap sau bloc de piese ce se prelucurează pe o suprafață convexă, ar fi așezate deasupra dispozitivului, datorită depărtării punctului de aplicație al forței, poziția acestuia devine nestabilă, existînd pericolul blocării acestuia în dispozitivul ceașcă, așezat jos (fig. 11.5).

Pe de altă parte, la dispozitivele ceașcă, sau la blocurile de piese ce se prelucurează pe o suprafață concavă, poziția punctului de aplicație al forței se poate apropia foarte mult de suprafața de prelucrat și sistemul este stabil. Din aceste considerente, la prelucrarea pe mașini cu antrenor oscilant și rotire liberă a dispozitivului sau blocului, suprafața convexă este fixată în axul mașinii, iar suprafața concavă deasupra, indiferent dacă este vorba de dispozitiv sau bloc de piese.

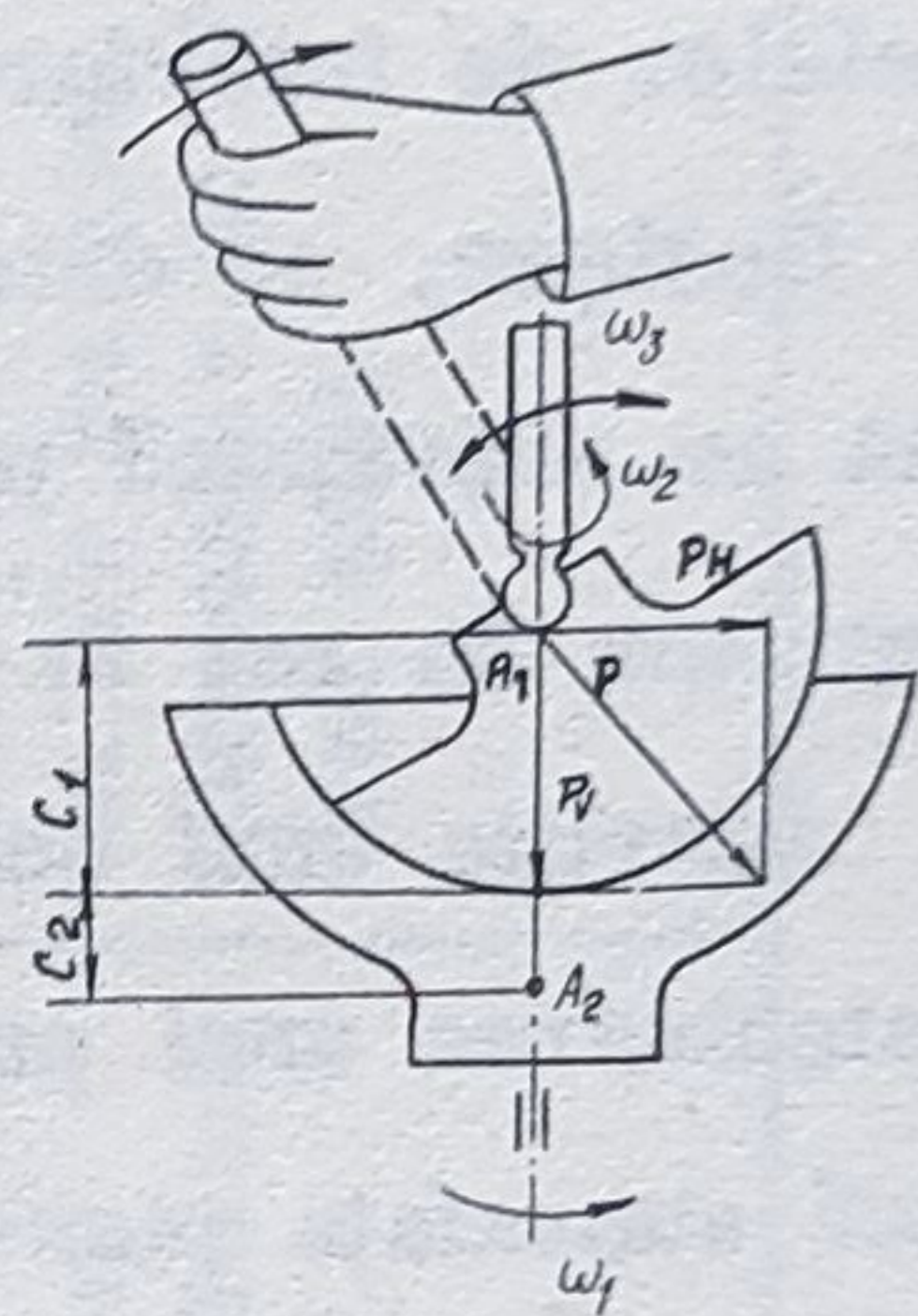


Fig. 11.5. Stabilirea corectă a poziției reciproce între bloc și dispozitiv.

Poziția reciprocă a blocului și dispozitivului este însă importantă pentru efectuarea reglajului. La stabilirea modului de efectuare a reglajului, trebuie să se țină cont de poziția blocului (deasupra sau dedesubt), în caz contrar riscînd ca efectele reglajului să fie contrare celor necesare.



#### 11.8. Recomandări privind reglarea mașinilor și conducerea procesului de lucru la mașinile cu antrenor oscilant și rotire liberă a blocului sau dispozitivului

În prelucrări optice, precizia prelucrării razelor de curbura și gradul de planitate al suprafețelor se verifică cu calibre optice.

În verificarea cu calibrul optic se pot ivi două situații, și anume contactul dintre piesa prelucrată și calibrul are loc pe centru sau la margine.

Cele două situații se recunosc ușor după modul de formare a inelelor de interferență.

Desigur, nu este exclusă nici posibilitatea ca piesa și calibrul să se suprapună pe toată suprafața, dar acest lucru se poate întâlni extrem de rar la prelucrarea pe mașini.

Apariția unui contact pe centru la verificarea cu calibrul indică efectuarea unei prelucrări intense la marginea piesei indiferent dacă suprafața piesei este concavă sau convexă și este necesară deci o corecție care să ducă la intensificarea procesului de prelucrare pe centrul piesei sau blocului. Reciproc, dacă la verificarea cu calibrul apare contact pe margine, aceasta indică efectuarea unei prelucrări intense la centrul piesei, indiferent dacă suprafața piesei este concavă sau convexă și este necesară deci o corecție care să ducă la o intensificare a procesului la marginea piesei sau blocului.

La stabilirea măsurilor de reglaj, trebuie să se țină seama dacă blocul de prelucrat este situat deasupra sau dedesubt.

În aceste condiții, rezultă patru scheme de corectare a procesului de prelucrare, care sînt prezentate în tabelul 11.1.



Tabelul 11.1

Schemele de reglaj la prelucrarea pe mașini  
cu mișcarea oscilantă a antrenorului și rotire liberă a blocului

Contact pe margine la verificarea cu calibrul		Contact pe centru la verificarea cu calibrul	
Bloc deasupra	Bloc dedesubt	Bloc deasupra	Bloc dedesubt
Se micșorează viteza Se micșorează cursa Se mărește frecvența oscilațiilor Se introduce antrenor- ul până ajunge pe centrul dispozitivului	Se micșorează viteza Se mărește cursa Se reduce frecvența oscilațiilor Se scoate antrenorul în afară  Se micșorează presiunea Se reduce alimenta- rea Dispozitivul se re- glează din centru Dispozitiv de dimen- siuni mai mari	Se mărește viteza Se mărește cursa Se mărește frecvența oscilațiilor Se scoate antrenorul în afară  Se mărește presiunea  Se menține alimenta- rea Dispozitivul se reglea- ză din margine Dispozitiv de dimensiuni mai mici	Se mărește viteza Se micșorează cursa Se reduce frecvența oscilațiilor Se introduce antrenorul pe centru  Se mărește presiunea  Se reduce alimentarea  Dispozitivul se reglea- ză din margine Dispozitiv de dimensiuni mai mici



## ȘLEFUIREA BRUTĂ A PIESELOR OPTICE

Șlefuirea brută este o etapă importantă în prelucrarea pieselor optice, întrucât la această operație semifabricatele capătă forma viitoarelor piese și dimensiuni apropiate de cele finale (diferența constă în adaosurile de prelucrare prevăzute).

Întrucât tehnologia de lucru diferă pentru diferitele tipuri de piese optice ce se execută, vor fi prezentate caracteristicile tehnologiei de fabricație, pentru fiecare tip în parte.

Prin șlefuire brută se înțelege totalitatea operațiilor legate de realizarea formei și dimensiunilor pieselor optice, la un anumit grad de rugozitate (corespunzător de exemplu unei prelucrări cu abrazivi de categoria 5 până la M40). În anumite cazuri, când piesele provenite de la debitare prezintă adaosuri mai mari de prelucrare decât este normal, sau când datorită geometriei piesei, cantitatea de material de îndepărtat este mare, se procedează în prealabil la o degroșare a pieselor sau semifabricatelor, cu abrazivi ce asigură o îndepărtare mai rapidă a materialului (categoria 16 până la 10).

Introducerea procedeelor moderne de debitare, utilizarea tot mai frecventă a semifabricatelor și în mod special introducerea mecanizării operațiilor, au condus treptat la eliminarea necesității degroșării prealabile a pieselor, consumul de abrazivi de granulație mare scăzând simțitor în secțiile de prelucrări optice.



## 12.1. Şlefuirea brută a lentilelor

Datorită introducerii procedeelor mecanice de prelucrare a sticlei, a utilizării semifabricatelor presate pentru confecţionarea lentilelor şi în mod special utilizarea metodei de blocare rigidă la prelucrarea lentilelor, în producţie de serie mare sau producţie de masă, s-a ajuns la diferite variante tehnologice pentru şlefuirea brută a lentilelor. Cum şlefuirea brută pe cale manuală a lentilelor, pornindu-se de la semifabricate debitate din sticlă bloc, mai este destul de frecvent utilizată, ea reprezentând cazul general al operaţiei, se va prezenta la început această variantă, indicându-se apoi particularităţile tehnologice ale celorlalte metode.

Şlefuirea manuală a lentilelor. Confecţionarea lentilelor din semifabricate provenite din debitarea sticlei bloc, comportă parcurgerea mai multor etape şi anume:

- şlefuirea plan-paralelă a semifabricatelor;
- rotunjirea semifabricatelor;
- prelucrarea razelor de curbură.

După cum este cunoscut, semifabricatele executate prin debitare din sticlă bloc, se prezintă sub forma unor bucăţi pătrate de sticlă, avînd un adaos de grosime de 0,5-1,5 mm şi o latură a pătratului mai mare cu 1-2 mm faţă de diametrul ce trebuie realizat la operaţia de rotunjire.

Prima operaţie ce se execută asupra semifabricatelor în procesul de confecţionare a lentilelor este şlefuirea plan-paralelă a suprafeţelor.

Această operaţie se execută pe maşinile de şlefuit manual. Alimentarea cu abrazivi, lucrătorul trebuînd să aibă mîinile libere, se execută printr-un procedeu simplu. Pe un suport cu jgheab se



așază un vas cu apă prevăzut cu robinet, în dreptul postului de lucru. Pe jgheab se așază abrazivul praf sau umed și este antrenat de apa ce curge din vasul cu apă, spre platoul de șlefuit. Deosebit de importantă aici, este determinarea debitului optim de apă, astfel încât suspensia de abraziv realizată să mențină un raport apă-abraziv corespunzător. O alimentare excesivă cu abraziv, nu duce la mărirea productivității operației, ci numai la un consum exagerat, iar debitul de apă prea mare duce la micșorarea productivității, astfel încât este necesară o permanentă supraveghere a alimentării.

Operația de șlefuire plan-paralelă se execută de regulă cu abrazivi 10 sau 8. Dacă însă piesele debitate au adaos prea mare la grosime se poate face întâi o degroșare cu abraziv mai mare (de exemplu 16).

Pentru prelucrare, semifabricatele se lipesc pe plăci de aluminiu de grosime cunoscută (se află poansonată pe margine) cu latura de 250-300 mm. Lipirea se execută la cald cu un mastic de blocare (ceară + colofoniu) alegându-se fața cea mai curată. După răcirea plăcii, se șlefuieste plan prima față a semifabricatelor. Înainte de prelucrare însă, platoul se verifică cu rigla de sticlă și se reglează dacă este necesar, dându-i o ușoară tendință de convexitate.

Pentru a asigura stabilitatea plăcii în timpul lucrului, este necesar ca, în cazul în care semifabricatul prezintă diferențe mari de grosime, cele mai groase să se așeze pe colțurile și pe marginile plăcii. În caz contrar paralelismul va fi asigurat destul de greu (fig. 12.1).

Șlefuirea se execută prin apăsarea plăcii cu semifabricate pe platoul de rotație, executându-se în același timp și deplasarea plăcii pe suprafața platoului și rotirea acesteia, pentru asigurarea unor uzuri uniforme.



Nu este recomandabilă îndreptarea primei fețe manual, bucată cu bucată, întrucât se poate produce uneori aderarea semifabricatului pe platou, generând accidente.

După uniformizarea primei fețe, placa se spală și se usucă, procedându-se la deblocarea pieselor și lipirea lor în vederea prelucrării celei de a doua fețe. Operația se repetă apoi similar până la obținerea cotei necesare. Față de grosimea la centru prevăzută pentru lentila gata șlefuită, se consideră un adaos pentru realizarea

razelor de curbură de 0,1-0,2 mm.

Verificarea obținerii corecte a semifabricatelor șlefuite

paralel se face cu șublerul sau micrometrul, verificându-se placa șlefuită în mai multe colțuri, diferența între măsurători trebuind să nu fie mai mare de 0,05 mm. Cota totală măsurată trebuie să reprezinte grosimea plăcii, la care se adaugă grosimea lentilei (la lentile convexe) și adaosul pentru șlefuirea razelor de curbură.

Dacă semifabricatul va fi folosit pentru confecționarea unei lentile concave, grosimea necesară pentru șlefuirea plan-paralelă este calculată de tehnolog și indicată în desen.

În cazul în care lentila ce urmează a se confecționa este o lentilă cu o față plană (plan-convexă sau plan concavă), la prelucrarea celei de a doua fețe se poate avansa cu prelucrarea până la abrazivul final (5 sau M40) întrucât această față nu se va mai prelucra ulterior.

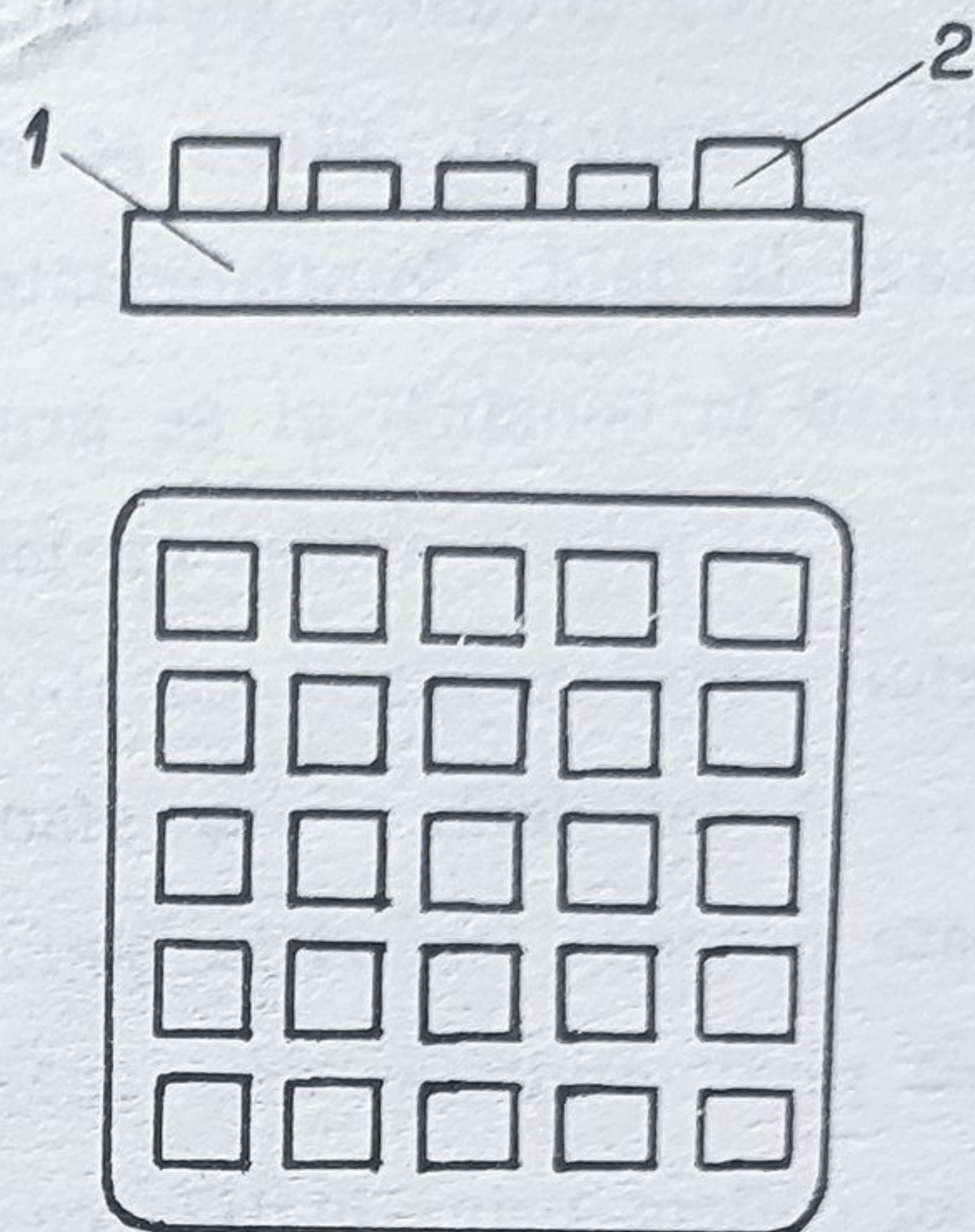


Fig.12.1. Blocarea semifabricatelor pe plăci: 1- placa de blocare; 2- semifabricate.



În asemenea cazuri, pentru a cunoaște fața prelucrată final la șlefuirea razei, suprafața finisată este însemnată (piesele fiind încă pe placă) cu un creion de aluminiu.

Cu aceasta, șlefuirea plan-paralelă a pieselor se poate considera terminată. Placa se spală de abraziv, se usucă și se deblochează la cald. Semifabricatele se curăță de masticul de blocare (spălare în benzină) și se pregătesc pentru operația următoare.

Trebuie arătat că încercările de mecanizare a operației de șlefuire plan-paralelă cu abrazivi, nu s-au concretizat încă în utilaje care să dea deplină satisfacție. Pentru reducerea efortului fizic se poate proceda uneori la șlefuirea plăcilor pe mașini cu braț oscilant, însă productivitatea este scăzută. Rezultate mai bune în acest sens, s-au obținut prin utilizarea mașinilor speciale de debitat ce realizează semifabricate având grosimea executată cu o precizie de 0,1 mm diminuându-se astfel timpul de șlefuire plan-paralelă. Mecanic, operația se poate face pe generatoare sferice, prin prelucrarea cu diamant.

Rotunjirea semifabricatelor se execută de regulă în coloană. După șlefuirea plan-paralelă piesele se încălzesc și se încolonează, folosindu-se același mastic de blocare. Lungimea coloanelor nu trebuie să depășească 150-180 mm, întrucât ele trebuie prelucrate în final pe o singură parte (rază) a platoului. De asemenea, coloanele lungi se pot rupe în timpul lucrului, fragmentele urmând a se prelucra separat.

Semifabricatul de dimensiuni mai mari se debitează în formă de octogon, pentru a micșora adaosul de rotunjire. Dacă aceasta însă nu s-a făcut și se consideră totuși necesar, îndepărtarea colțurilor se poate face și înainte de încolonare.



Pentru a se asigura că piesele sînt încolonate corect și coloana rezultă dreaptă, operația se execută pe un echer metalic cu talpă sau pe o placă cu canal (fig. 12.2), avînd grijă ca piesele să se așeze în echer cu colțul cel mai apropiat de unghiul drept, ușurîndu-se astfel prelucrarea ulterioară a coloanei.

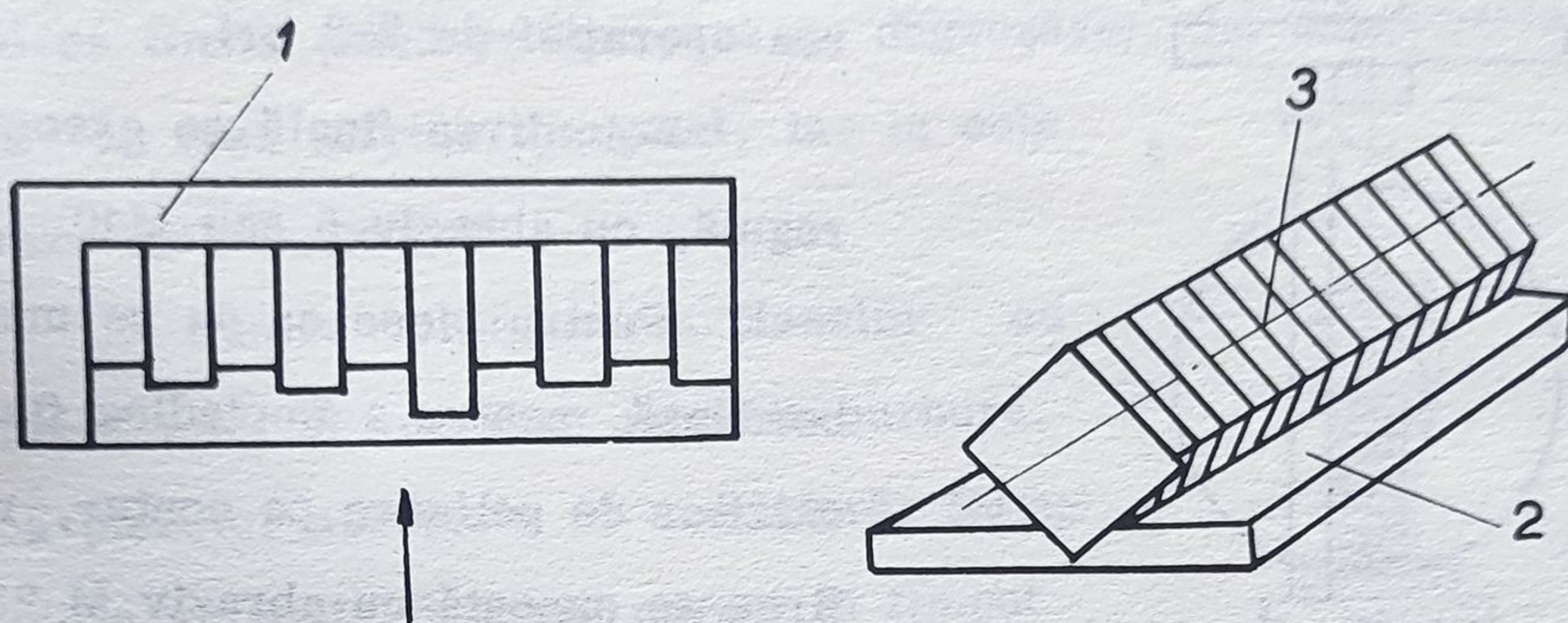


Fig. 12.2. Încolonarea pieselor:  
1- echer; 2 - placă cu canal; 3 - coloană.

După răcirea coloanei se poate începe rotunjirea propriu-zisă a acesteia. La început se realizează o coloană pătrată, pentru ca apoi, prin teșirea colțurilor să se ajungă la octogon, și apoi la poligon cu 16 laturi. Latura pătratului se realizează cu 0,5-1 mm mai mare ca diametrul prevăzut pentru lentilă. Rotunjirea finală se execută cu ajutorul unei bare metalice fixată pe caseta mașinii cît mai aproape de platou. Sprijinită de bară, datorită mișcării de rotație a platoului coloana este rotită în jurul axei sale longitudinale. Existînd diferență mare de viteză de la un capăt la altul, este necesar ca, din timp în timp coloana să fie inversată (fig. 12.3).

Pentru a se realiza o coloană fără ovalitate, din timp în timp operația se întrerupe, coloana se încălzește și piesele se rotesc una față de alta cu  $45^{\circ}$ . Pentru a verifica poziția pieselor, pe coloană se trasează o generatoare a coloanei cu creionul de aluminiu. După ce



piesele au fost răsucite operația se reia. Cu cât se urmărește obținerea unei coloane lipsite de ovalitate, răsucirea pieselor trebuie efectuată de mai multe ori. Pentru obținerea unei coloane cu ovalitate de 0,1-0,15 mm, este suficientă repetarea operației de 2-3 ori.

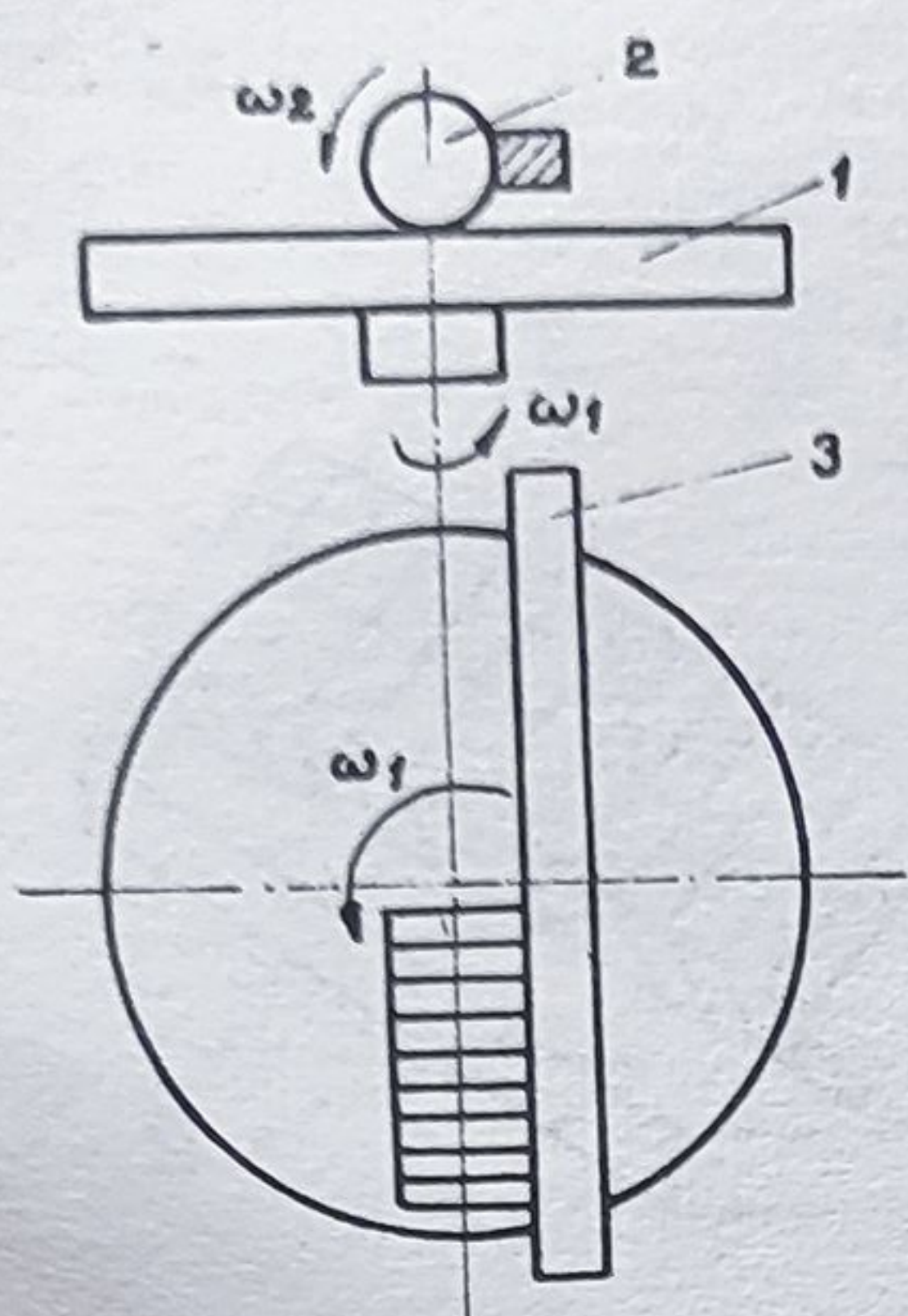


Fig. 12.3. Rotunjirea finală a coloanelor: 1- platou; 2- coloană; 3- bară.

Rotunjirea finală se execută, de regulă, cu abraziv 5 sau M40.

Pentru piese ce nu se mai debordează, pentru a împiedica fixarea oxizilor de polisare pe contur, rotunjirea se execută cu abraziv M 28.

S-au obținut astfel semifabricate cilindrice, de la care se poate trece la confecționarea propriu-zisă a lentilelor.

Trebuie însă de remarcat că rotunjirea manuală a coloanelor este astăzi practic înlocuită de rotunjirea mecanică cu discuri abrazive și în special de rotunjirea cu scule cu diamant.

Șlefuirea razelor de curbură ale lentilelor se execută, după cum s-a mai arătat, pe capete sau cești, după cum suprafața lentilei este concavă sau convexă.

Prelucrarea se execută pe mașini pentru șlefuirea razelor de curbură. Șlefuirea se execută prin apăsarea lentilei pe dispozitiv și deplasarea lentilei pe dispozitiv și rotirea lentilei în jurul axei sale.

Șlefuirea se execută în trepte. Dacă raza de curbură a lentilei este mică, la dimensiuni mari, materialul de îndepărtat fiind în cantitate mare, se poate efectua și o degroșare.



Pentru raze de curbura mari, este suficientă șlefuirea numai cu doi abrazivi (8 și 5 sau 6 și M 40).

Pentru controlul grosimii însă este necesar ca prelucrarea să nu se execute pe toată suprafața, ci să se lase un martor de grosime, ce se micșorează la șlefuirea cu primul abraziv și dispăre la șlefuirea finală (dacă se lucrează cu degroșare). La suprafețele concave se lasă martor marginal, iar la cele convexe martor central.

Pentru prelucrarea pieselor cu diametre mici și cu raze mici de curbura, sau a pieselor apropiate de semisferă, întrucât piesa nu poate fi ținută corect în timpul prelucrării, se utilizează prelungitoare din lemn sau metal, pe care se blochează lentila cu mastic (fig.12.4).

În rest, prelucrarea unor astfel de lentile decurge în mod obișnuit, mișcările fiind însă mai ample.

În situația în care lentila are rază mică de curbura, șlefuirea nu se execută direct la raza indicată, ci se alege o serie de dispozitive, pornind de la raze mai mari, pe care se execută o prelucrare în trepte. La fel se procedează când lentila nu este blocată pe prelungitor, dacă raza de curbura este mică și prelucrarea directă ar duce la dereglarea rapidă a dispozitivului.

Pentru protejarea muchiilor contra ciupiturilor din cauza manipulărilor, înainte de prezentare la control, se face și o operație de teșire a muchiilor pe dispozitive ceașcă (fig.12.5).

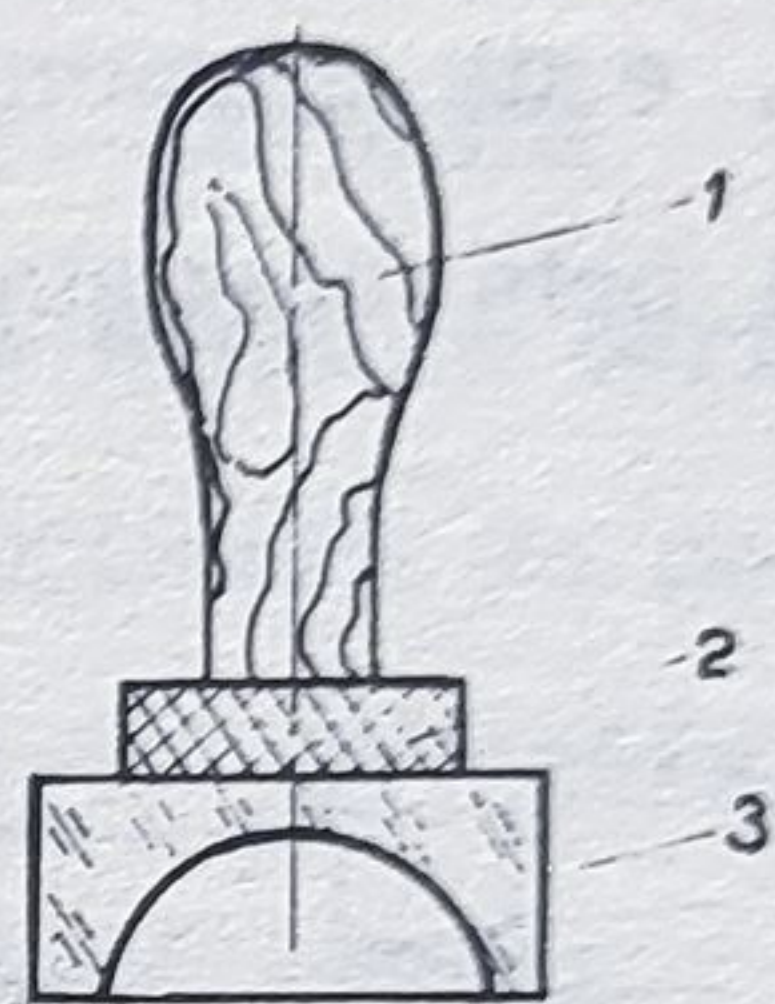


Fig.12.4. Prelucrarea lentilelor blocate pe prelungitoare: 1- prelungitor; 2- pernă cu mastic; 3- lentilă.



După operația de teșire, piesele se prezintă la control, unde se verifică diametrul, grosimea la centru, corectitudinea finisării și execuția razelor de curbură.

Trebuie menționat, că operația de șlefuire manuală tinde să fie complet înlocuită de prelucrarea razelor de curbură pe generatoare sferice, aceasta fiind de altfel cea mai răspândită utilizare a prelucrării cu scule de diamant.

Confecționarea lentilelor din semifabricate. În cazul seriilor mari, este economic a se lucra pornindu-se de la semifabricate, întrucât prin aceasta, se elimină o serie de etape de prelucrare.

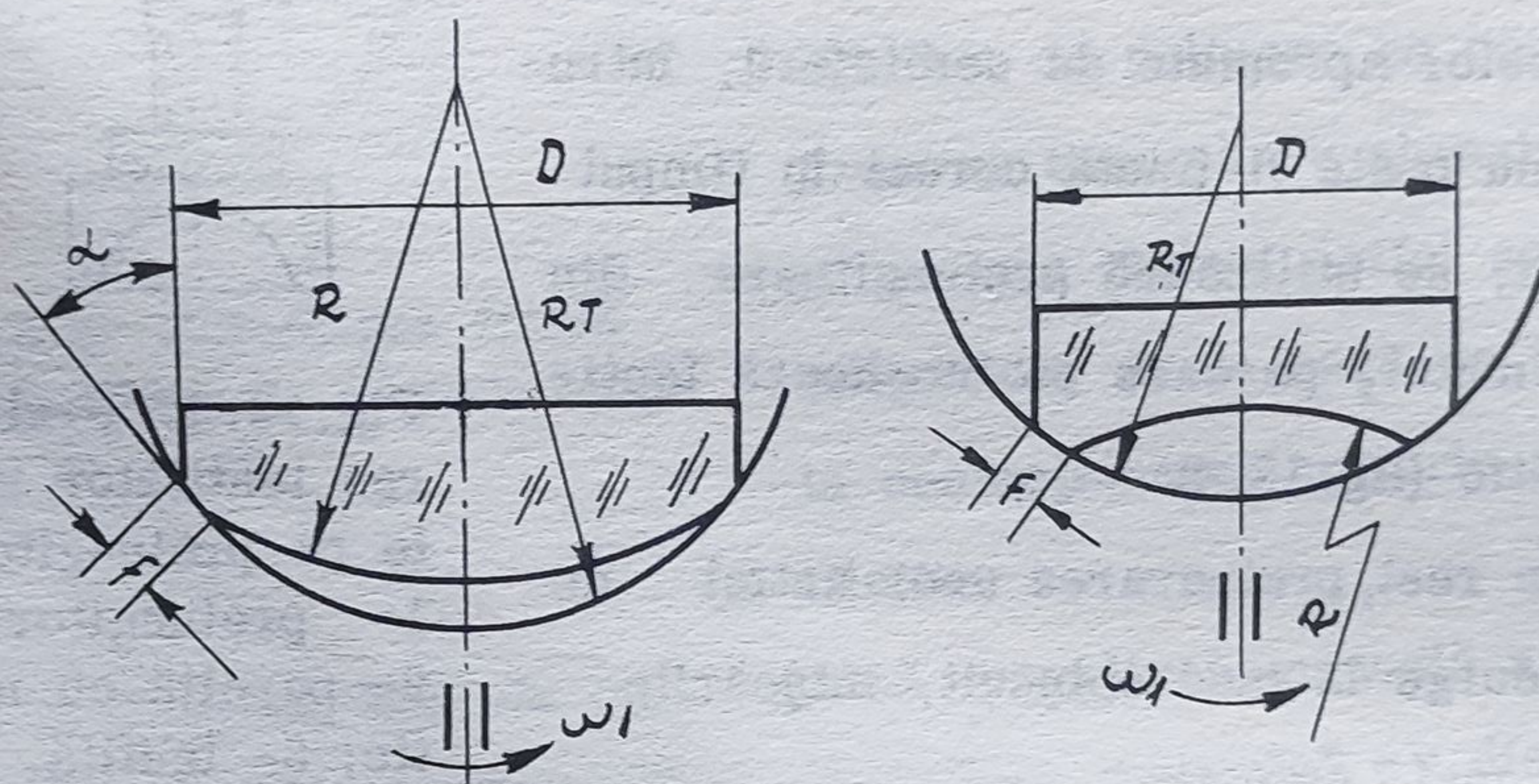


Fig.12.5. Teșirea marginală a lentilelor:  
 $R_T$  - raza dispozitivului de teșit;  $R$  și  $D$  - raza de curbură și diametrul piesei;  $f$  - fațeta de realizat;  $\alpha$  - înclinarea fațetei.

La confecționarea lentilelor din semifabricate presate, adaosurile de prelucrare fiind mici, prelucrarea începe cu șlefuirea brută a razelor de curbură. Semifabricatele au diametrul necesar și raze de curbură apropiate, astfel încât degroșarea este exclusă.

În cazul în care se pornește de la semifabricate decupate din plăci, dacă razele de curbură sînt mici, se poate executa și o operație de degroșare.



Confecționarea lentilelor prin metoda de blocare rigidă prezintă de asemenea unele particularități, prin aceea că se utilizează de regulă semifabricatele și se lucrează și prin metoda de blocare rigidă. Succesiunea operațiilor este aici alta, determinată de particularitățile metodei.

Prelucrarea începe cu o operație de teșire a muchiilor, întrucât bavurile rămase de la presare ar putea determina o poziție incorectă a pieselor. După teșire lentilele se blochează pe dispozitive cu mastic pentru blocare rigidă. Pentru controlul grosimii în timpul prelucrării, întrucât lentila nu este deblocată decât la terminarea completă a prelucrării primei fețe (inclusiv operația de polisare), o parte din lentile au frezate canale de control. Prelucrarea acestora se execută pe mașini sau dispozitive de frezat canale.

Canalul de control reprezintă martorul de grosime, el urmând a dispărea abia la șlefuirea fină.

Raza de curbură se execută prin frezarea blocului de generatoare de dimensiuni mari. Singura operație manuală la utilizarea blocării rigide este teșirea inițială a muchiilor. Operațiile ulterioare decurg identic ca la blocarea elastică.

## 12.2. Șlefuirea brută a lamelor plan-paralele și a penelor optice

Lame plan-paralele se consideră piesele optice cu suprafețe plane, de o grosime dată, cu contur circular sau poligonal (pătrat, dreptunghi). Din aceste lame, după operația de polisare, se vor executa reticule, oglinzi plane, geamuri de protecție, filtre etc.

Penele optice sînt piese cu suprafețe plane, dar înclinate una față de alta cu un anumit unghi.



Tehnologia de confecționare a lamelor plan-paralele și pene-  
lor este mai simplă decât tehnologia de execuție a lentilelor, întru-  
cât exclude prelucrarea razelor de curbura. Confecționarea lor pre-  
zintă unele particularități ce trebuie totuși menționate.

Slefuirea plan-paralelă a lamelor plane decurge identic ca la  
confecționarea lentilelor, cu observația că, în acest caz, finisarea su-  
prafeței se face direct pe placă pînă la abrazivul 5 sau M 40, întru-  
cât suprafața respectivă reprezintă suprafața finită la operația de șle-  
fuire brută.

De asemenea, operația de rotunjire decurge identic (dacă  
lametele sînt cilindrice) cu observația că fiind piese ce nu suportă ul-  
terior alte prelucrări pe contur (ca la centrarea lentilelor) toleranțe-  
le de ovalitate sînt mai reduse și ca urmare coloana trebuie răsuci-  
tă de 4-5 ori în loc de 2-3 ori ca la lentile. Pentru a preîntîmpina  
adunarea oxizilor de polisare pe contur și fațete, rotunjirea, ca și  
fațetele, se execută în final cu abraziv M 40 sau chiar M 28.

În cazul pieselor poligonale, conturul se prelucrează după  
șlefuirea plan-paralelă și încolonarea pieselor, corespunzînd rotun-  
jirii. Realizarea corectă a unghiurilor drepte ale colțurilor se veri-  
fică cu echer de  $90^{\circ}$ , iar teșirea muchiilor se execută manual pe  
platouri, bucată cu bucată.

Un caz particular îl prezintă lamele pătrate sau dreptunghi-  
ulare ale căror suprafețe laterale trebuie executate sub formă de  
coadă de rîndunică. Operația de executare a suprafețelor laterale în-  
clinate, se execută după realizarea conturului necesar. Pentru res-  
pectarea unghiului prescris, șlefuirea se execută în coloană, după ce  
în prealabil coloana a fost înclinată în echer, folosindu-se o cală  
metalică sau din sticlă cu un unghi corespunzător (fig.12.6).



După șlefuirea înclinării pe o latură, coloana se înclină invers și se șlefuieste cea de a doua latură.

Urmează apoi teșirea normală a muchiilor și colțurilor. Penele optice prezintă particularitatea realizării unghiului de pană. În cazul unei producții de serie, pana se execută prin blocarea pieselor, după operația de rotunjire, pe placă metalică cu canale înclinate cu un unghi corespunzător (unghiul de pană, v. fig. 12.7).

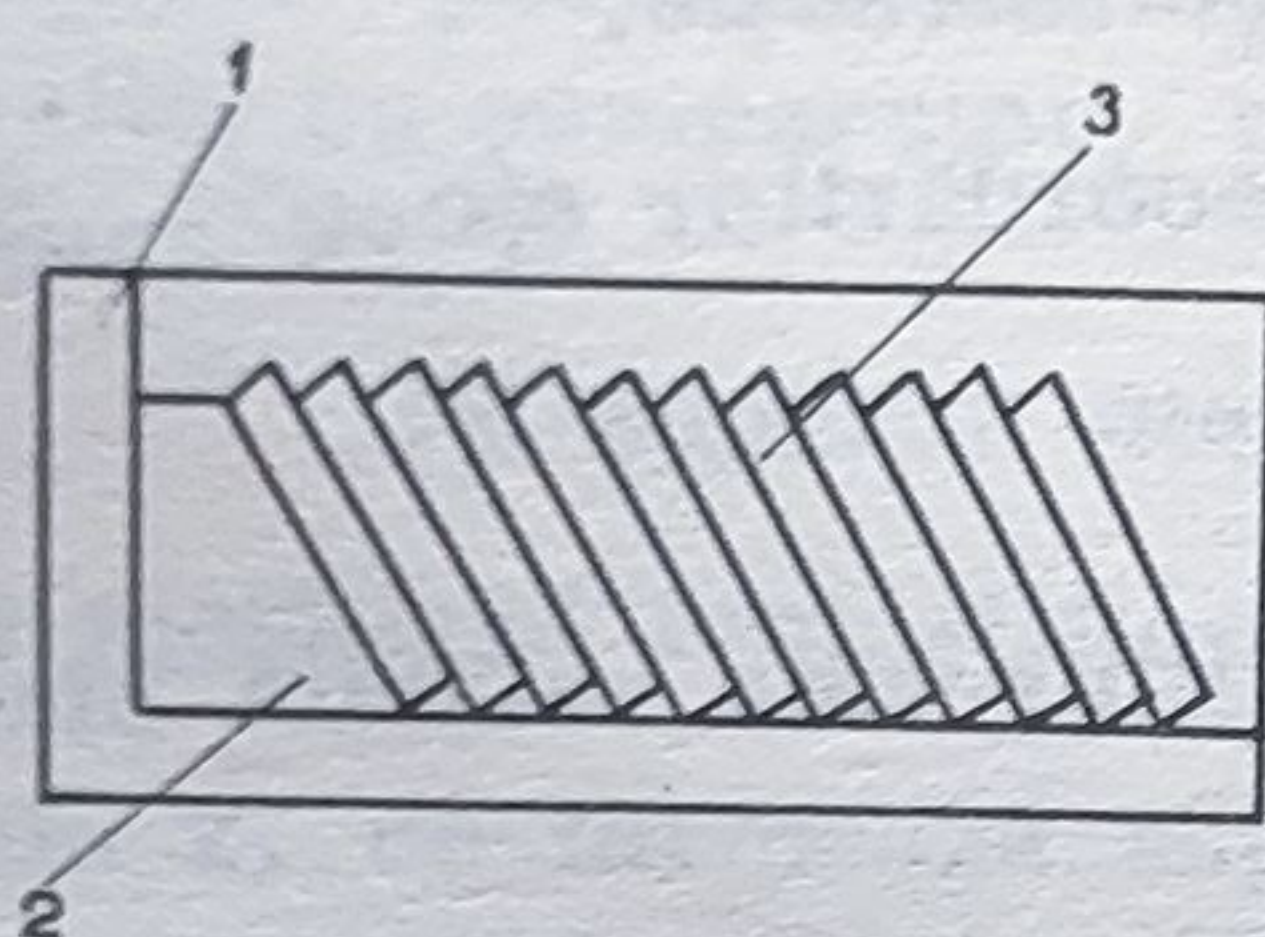


Fig. 12.6. Blocarea pe echer și cală pentru șlefuirea suprafețelor laturilor înclinate : 1- echer; 2- cală; 3- coloană.

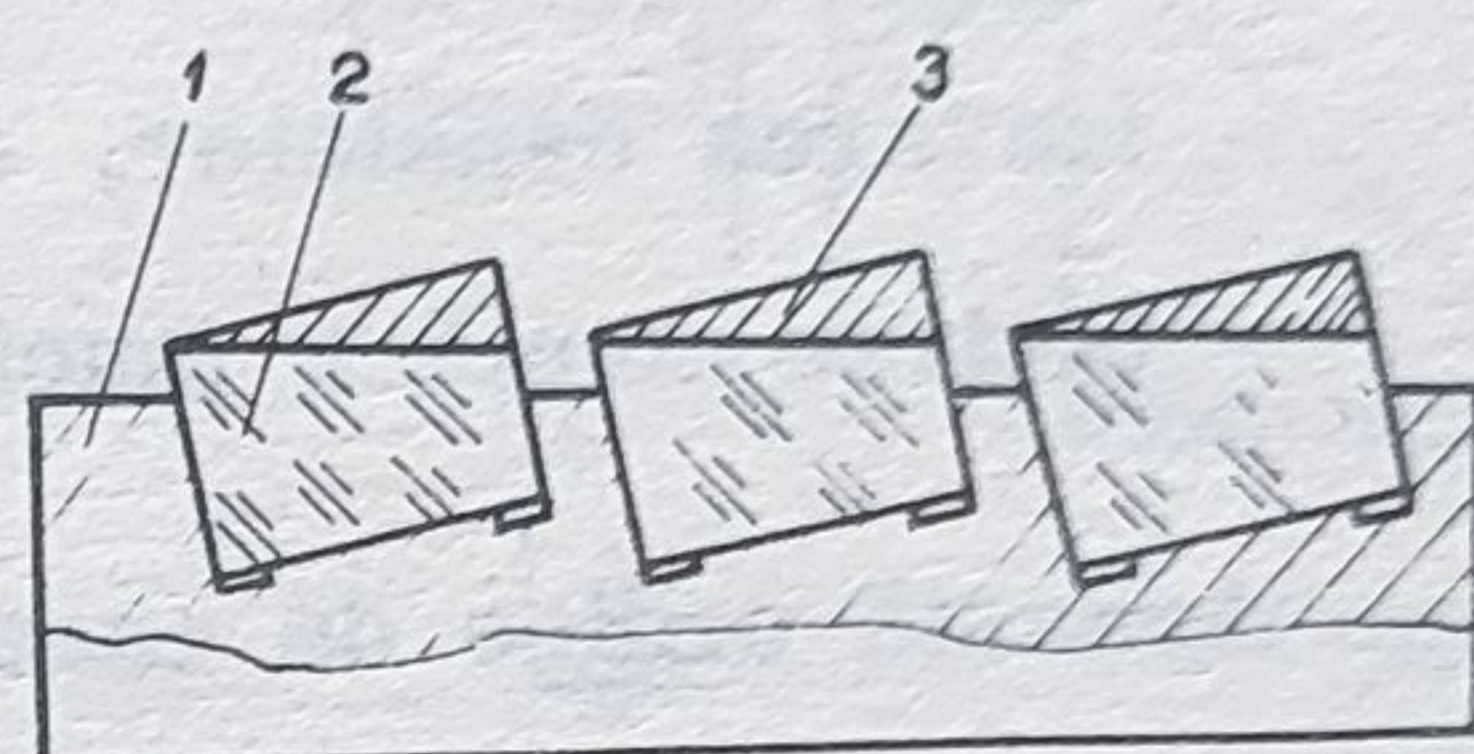


Fig. 12.7. Prelucrarea penelor optice pe plăci cu canal: 1. placă; 2- pană optică; 3- material de îndepărtat.

În cazul unor serii mici, unghiul de pană se execută prin blocarea pe cale de sticlă, ca în figura 12.8.

Șlefuirea se realizează paralel cu suprafața de bază a plăcii sau calei. După aceasta urmează teșirea obișnuită a muchiilor. Canalul pentru indicarea poziției exacte a penei, se execută după polisarea penei.

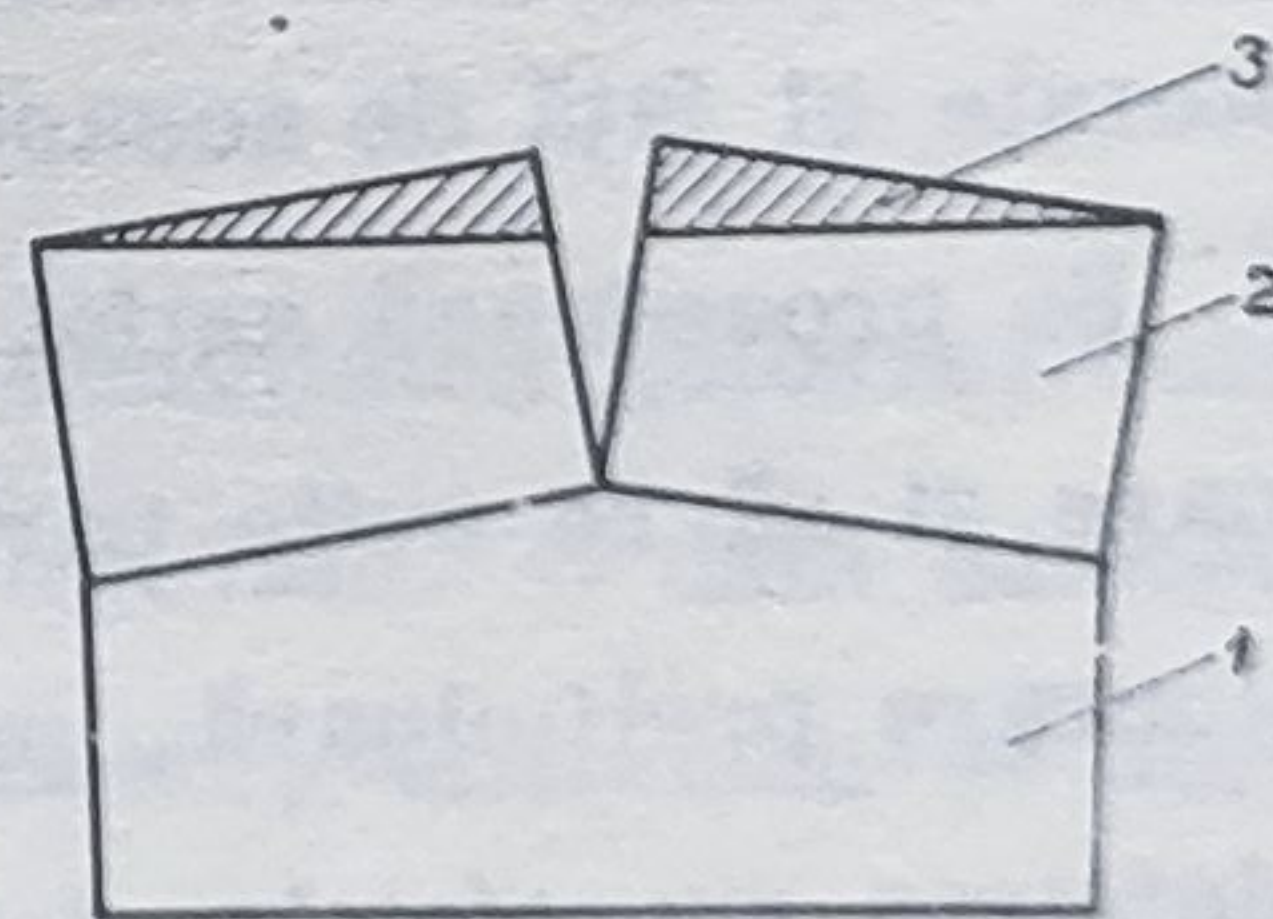


Fig. 12.8. Prelucrarea penelor optice pe cale de sticlă: 1- cală de sticlă; 2- pană optică; 3- material de îndepărtat.



### 12.3. Șlefuirea brută a prismelor

Șlefuirea brută a prismelor prezintă particularități tehnologice legate de realizarea suprafețelor de reflexie și refracție ale acestora. În general șlefuirea brută a prismelor comportă următoarele operații:

- șlefuirea suprafețelor laterale;
- șlefuirea suprafețelor de reflexie și refracție;
- frezarea canalelor, decupărilor, racordărilor etc.;
- teșirea finală a muchiilor.

Această ordine de executare a operațiilor este valabilă când se execută șlefuirea mecanică a suprafețelor.

După operația de șlefuire a fețelor laterale, care decurge identic ca la șlefuirea plan-paralelă pentru confecționarea lentilelor, prismele se încolonează în vederea prelucrării mecanice.

În cazul prelucrării manuale este însă necesar să se ia unele măsuri pentru a evita apariția piramidității (prisma incorect prelucrată nu mai face parte dintr-un paralelipiped, ci dintr-o piramidă). Prima operație care se execută este în acest caz îndreptarea unei fețe laterale și față de aceasta o prelucrare aproximativă a unghiului de  $90^{\circ}$ . Se procedează astfel pentru a se asigura o bază corectă de încolonare și să se evite pericolul apariției piramidității. După această prelucrare preliminară, prismele se blochează pe plăci și se execută șlefuirea suprafețelor laterale ca la lentile. Deși suprafețele laterale ale prismelor nu se mai prelucurează ulterior, ultimul abraziv cu care se lucrează poate fi 5 sau M 40 și nu M 28, ca în cazul lentilelor plan-paralele, întrucât prismele blocându-se în amestec care se solidifică (ipsos), suprafețele laterale nu vin în contact cu oxizii



de polisare. Încolonarea se execută tot în echere cu talpă (v. fig. 12.2). Se trece apoi la prelucrarea celorlalte suprafețe. În cazul prismelor "PORRO" (de reflexie totală) se prelucrează la început cele două suprafețe, ce formează unghiul de  $90^{\circ}$ . În cazul când precizia finală de execuție a unghiurilor este  $\pm 3'$ , la operația de șlefuire brută unghiul trebuie realizat cu precizia  $\pm 1'$ . Pentru aceasta, în timpul lucrului, se verifică periodic unghiul pe un dispozitiv cu comparator, reprezentat în figura 12.9.

Pe suportul dispozitivului 1, se montează trei știfturi de reazem 2, ce formează suprafața de referință.

Prisma se așază pe această suprafață atingând umărul dispozitivului. În această situație palpatorul ceasului comparator 3, venind în contact cu prisma 4, indică poziția catetei, implicit unghiul. Reglajul inițial se face după o prismă etalon. Cunoscându-se datele geometrice ale dispozitivului se poate calcula valoarea în sutimi de milimetru a toleranței unghiulare admise.

În același sistem se verifică piramiditatea coloanei controlându-se poziția catetelor față de suprafața laterală. O dată catetele prelucrate, se poate trece la șlefuirea ipotenuzei, utilizându-se același dispozitiv, însă cu o adaptare ce constă într-o cală triunghiulară 5 (fig. 12.10) fixată cu șuruburi pe suportul dispozitivului.

În situația în care cantitatea de prisme este suficient de mare, se justifică confecționarea unor plăci cu canale, cu strângere mecanică, cel puțin pentru șlefuirea ipotenuzei (fig. 12.11).

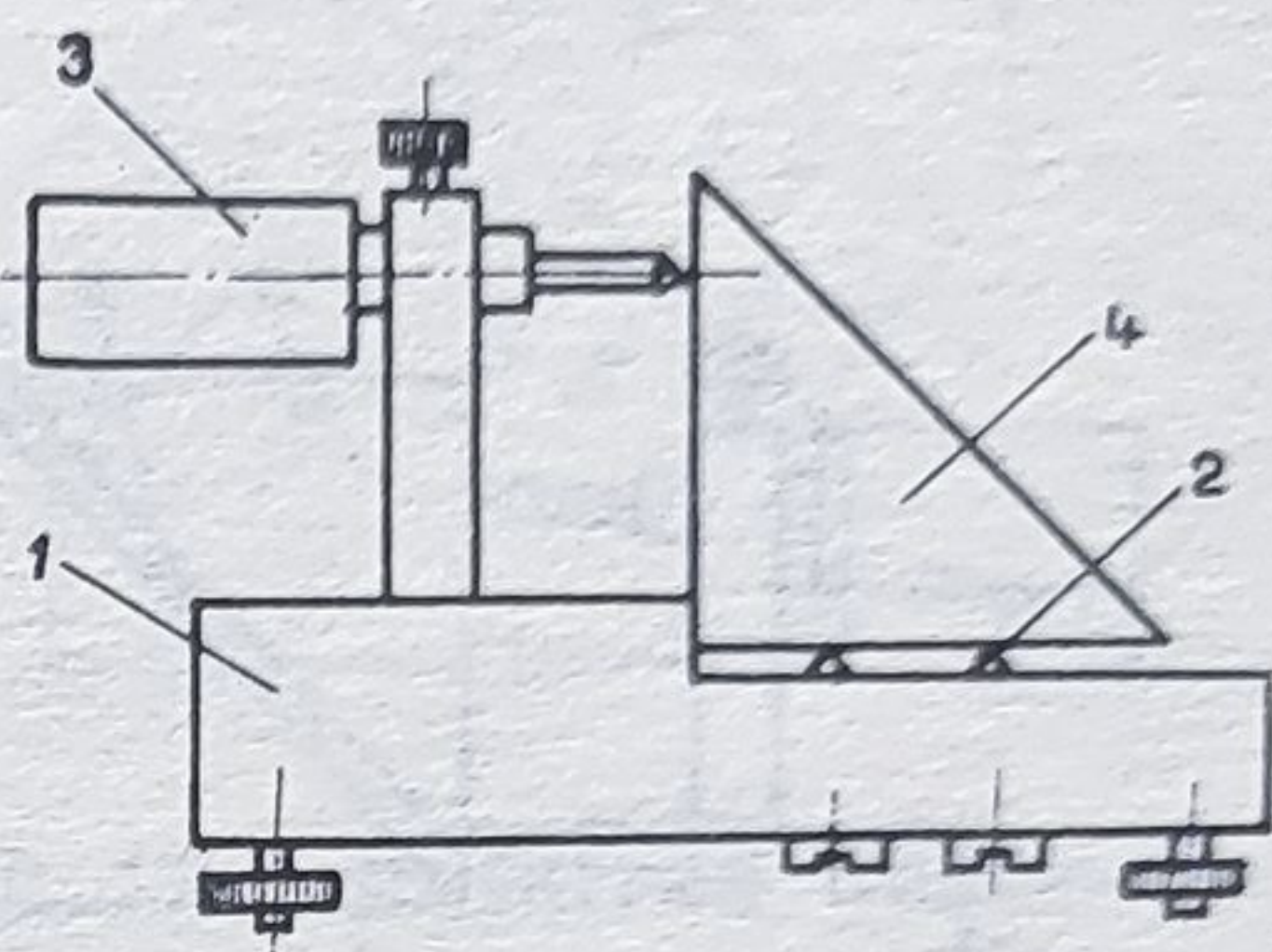


Fig. 12.9. Verificarea unghiului de  $90^{\circ}$  la șlefuirea brută a prismelor.



După fixarea coloanelor de prisme, placa se prelucurează plan-parallel (placa fiind precis executată) realizându-se atât unghiul de  $45^{\circ}$  cât și înălțimea prisme. După prelucrarea pe placă, coloanele sînt verificate pe dispozitiv, iar cele cu abateri sînt corectate manual.

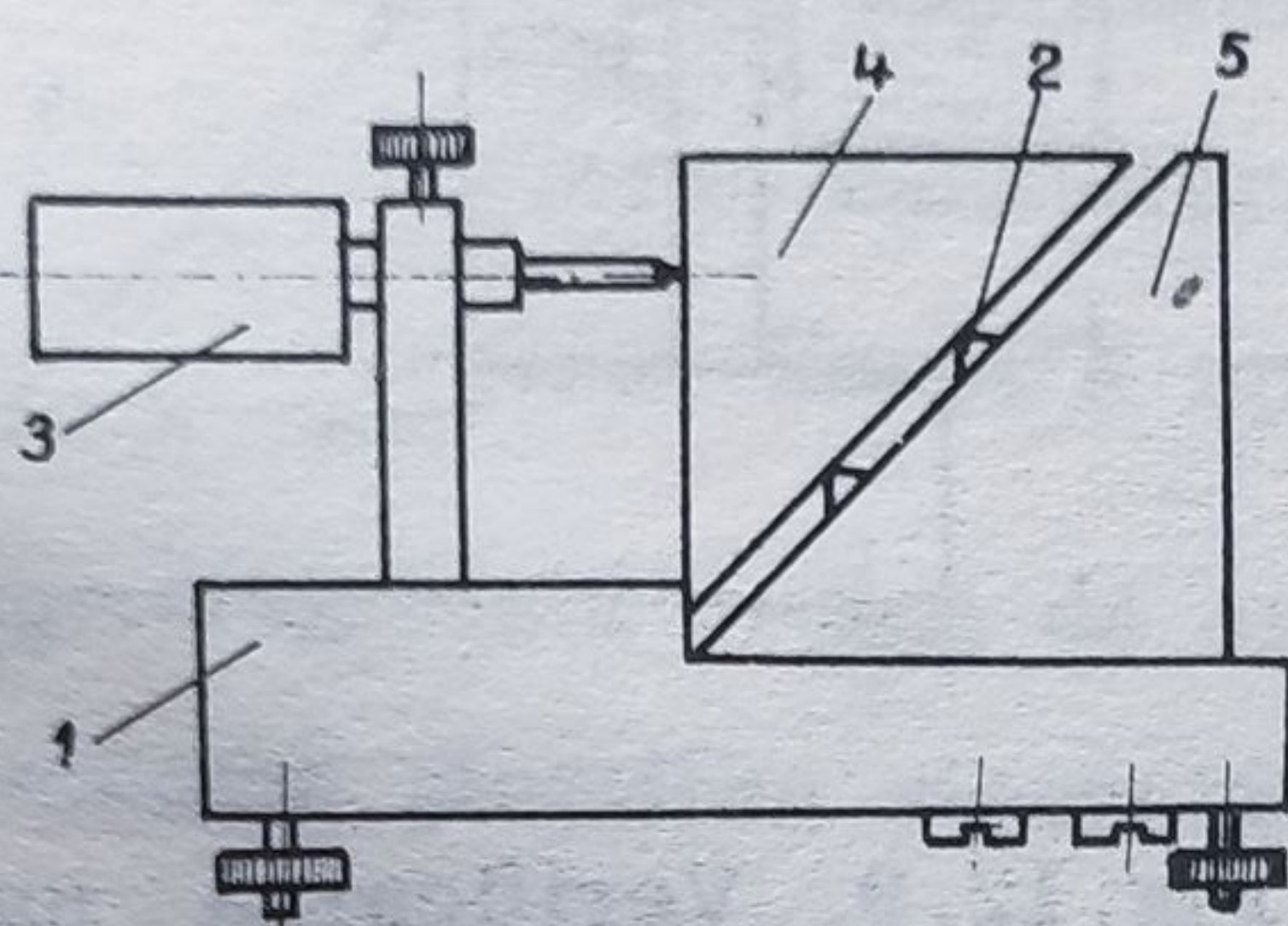


Fig. 12.10. Verificarea unghiurilor de  $45^{\circ}$  la șlefuirea brută a prismelor.

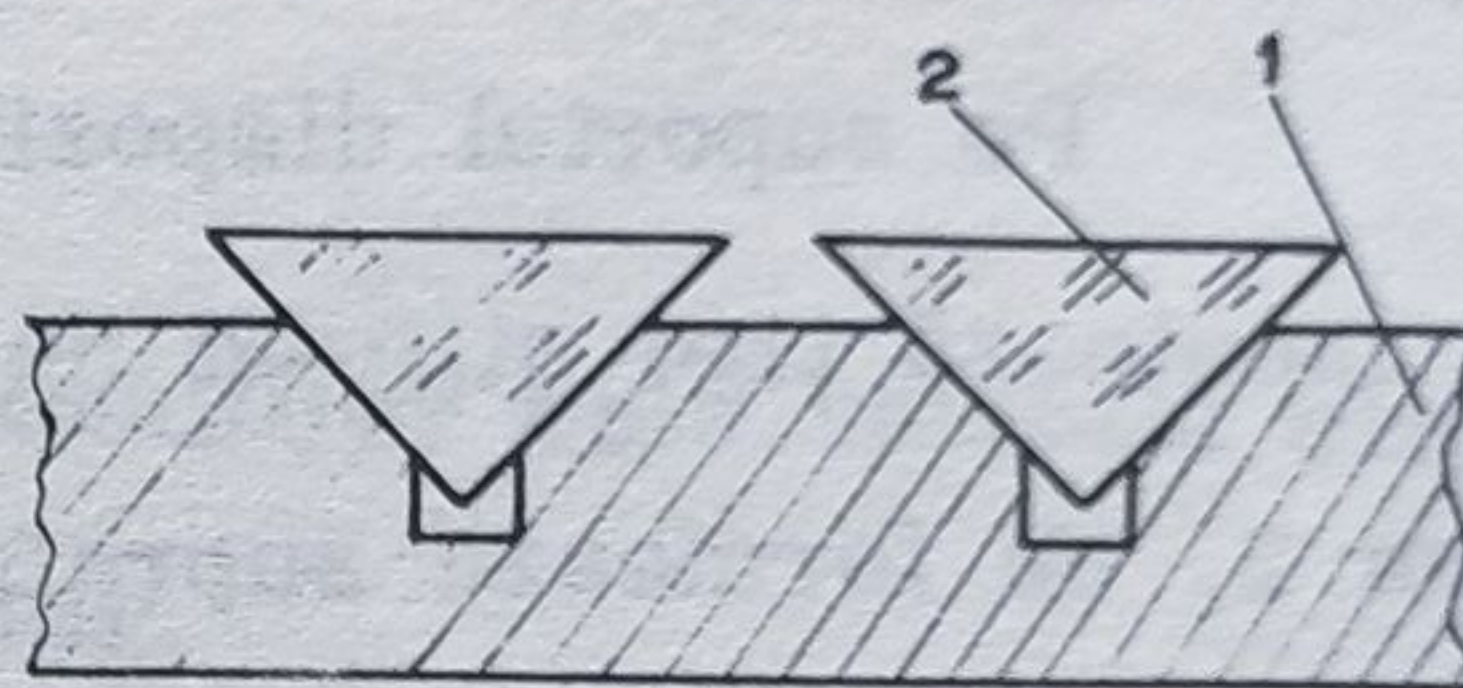


Fig. 12.11. Șlefuirea ipotenuzei prismelor pe plăci cu canale: 1- placă cu canale; 2- prisme.

Odată cu prelucrarea ipotenuzei (și odată cu aceasta obținerea înălțimii date) prismele sînt practic terminate la operația de șlefuire brută.

Operația de frezare a canalelor, decupărilor sau racordărilor, se execută potrivit celor arătate anterior.

Operația de teșire a muchiilor și colțurilor se execută manual pe platou, cu abraziv M 40 sau M 28.

În cele de mai sus s-a prezentat ca tip, tehnologia de execuție a unei prisme cu reflexie totală. Prismele fiind de diferite tipuri, vor exista deci diferite variante tehnologice, potrivit geometriei respective a prisme, elementele de bază rămînd însă cele menționate.



Trebuie totuși menționată executarea operației de șlefuire a celor două fețe ale acoperișului prismelor din această categorie. Problema care se pune este executarea simetrică a acoperișului și plasarea lui corectă față de unghiul opus. Prelucrarea acoperișului se face cu ajutorul unei cale de sticlă executate foarte precis (atît unghiul de  $90^{\circ}$  cît și înălțimea A, v. fig. 12.12).

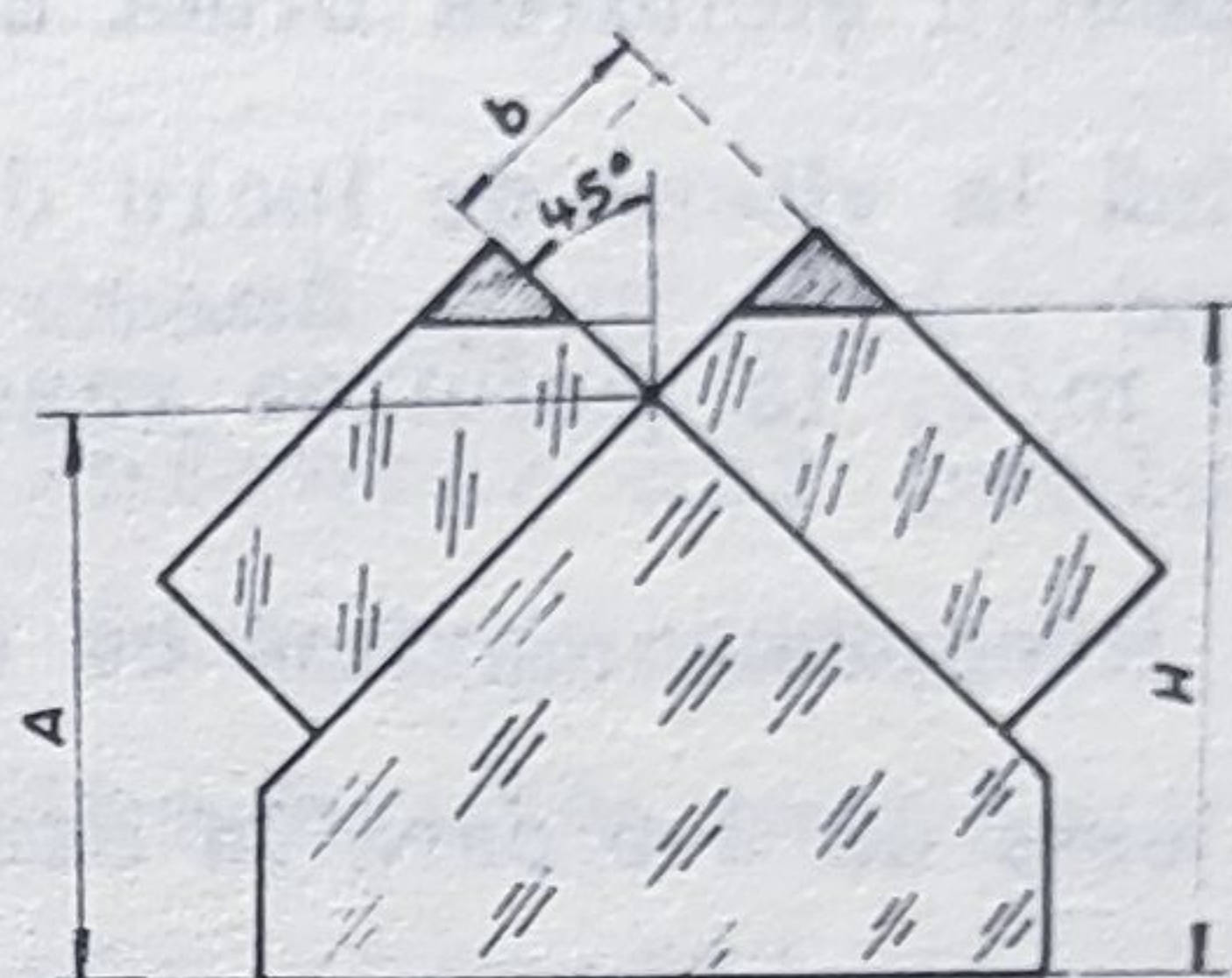


Fig. 12.12. Șlefuirea acoperișului la prisme.

Blocarea corectă a prismelor se realizează cu ajutorul unei bare pătrate de sticlă, cu latura egală cu grosimea b a prismelor (reprezentată punctat în figură). Pentru plasarea simetrică a acoperișului este necesar calculul exact al înălțimii H de șlefuire. După cum se vede și din figură:

$$H = A + \frac{b}{2} \cos 45^{\circ} = A + \frac{b\sqrt{2}}{4}$$

În rest, prelucrarea prismelor cu acoperiș decurge similar ca la prismele normale.

#### 12.4. Regimuri de lucru la degroșare și șlefuire brută

Procesele de degroșare și de șlefuire brută sînt foarte laborioase. Datorită faptului că la degroșarea și șlefuirea brută a pieselor optice se îndepărtează un adaos de material destul de mare, iar calitatea suprafeței nu este prea pretențioasă (6,3 sau 3,2) este bine ca prelucrarea, din considerente de productivitate, să se execute cu regimuri intensive.



Utilajele descrise permit atingerea unor viteze de lucru de pînă la 8 m/s, la operația de șlefuire plană și pînă la 12 m/s, la șlefuirea razelor de curbura.

Tendința actuală este de a se mări în continuare turația mașinilor pentru șlefuirea brută sau degroșarea sticlei optice, ajungîndu-se pînă la viteze de lucru de 13-15 m/s, pentru șlefuirea plană și 15-20 m/s, la șlefuirea razelor de curbura.

Presiunea maximă ce se poate exercita de lucrător asupra lentilei este de 3-5 daN. În cazul prelucrărilor mecanice, asupra blocurilor se poate acționa cu o sarcină de 10-15 daN.

După cum s-a văzut și în cursul prezentării operației, granulația abrazivului diferă de la caz la caz funcție de adaosul de prelucrare, duritatea sticlei etc. Ca limită se poate spune totuși că la degroșare se folosesc abrazivi avînd granulație între 16 și 10, iar la șlefuire brută abrazivii au granulația cuprinsă între 8 și M 40 (notații conform STAS 1753-76). În cazuri speciale se folosește și abrazivului M 28, de fapt abraziv destinat șlefuirii medii și fine. Ca material, cel mai adesea se folosesc abrazivi din carbură de siliciu. Rezultate satisfăcătoare se pot obține totuși și la utilizarea electrocorundului.



## Capitolul 13

### Şlefuirea medie şi fină a pieselor optice

Operaţia principală ce urmează şlefuirii brute este şlefuirea medie şi fină. Întrucât aci prelucrarea se face, în general piesele fiind grupate în blocuri, între operaţiile de şlefuire brută, medie şi fină este necesară executarea unor operaţii auxiliare ca: lăcuire, chituire şi blocare.

Prelucrarea în blocuri este avantajoasă din mai multe puncte de vedere. În primul rând se asigură prelucrarea mai multor piese simultan, ceea ce ridică productivitatea operaţiei. Esenţial este însă faptul că prelucrarea în bloc permite obţinerea unor suprafeţe cu un grad mai înalt de regularitate. Obţinerea unei suprafeţe regulate la piesele prelucrate bucată cu bucată este întotdeauna mai dificilă. Nu este de neglijat nici faptul că, la prelucrarea individuală, datorită verificărilor repetate la operaţia de polisare, piesa are toate şansele să prezinte zgîrieturi, pe când la prelucrarea în bloc se alege de regulă o singură piesă pentru efectuarea verificărilor, piesă care se înseamnă şi care este probabil că va prezenta zgîrieturi, în timp ce celelalte rămân neatinse. Ca urmare, prelucrarea lentilelor singulare se execută numai în cazul în care geometria piesei nu permite blocarea mai multor piese simultan (raport între raza şi diametrul piesei puţin mai mare de 0,5).



Ordinea de prelucrare a suprafețelor nu este determinată de un criteriu precis; există totuși anumite indicații ce se pot da, stabilite pe baze practice. Dacă piesele au o suprafață concavă, se prelucrează mai întâi suprafața concavă și apoi cea convexă.

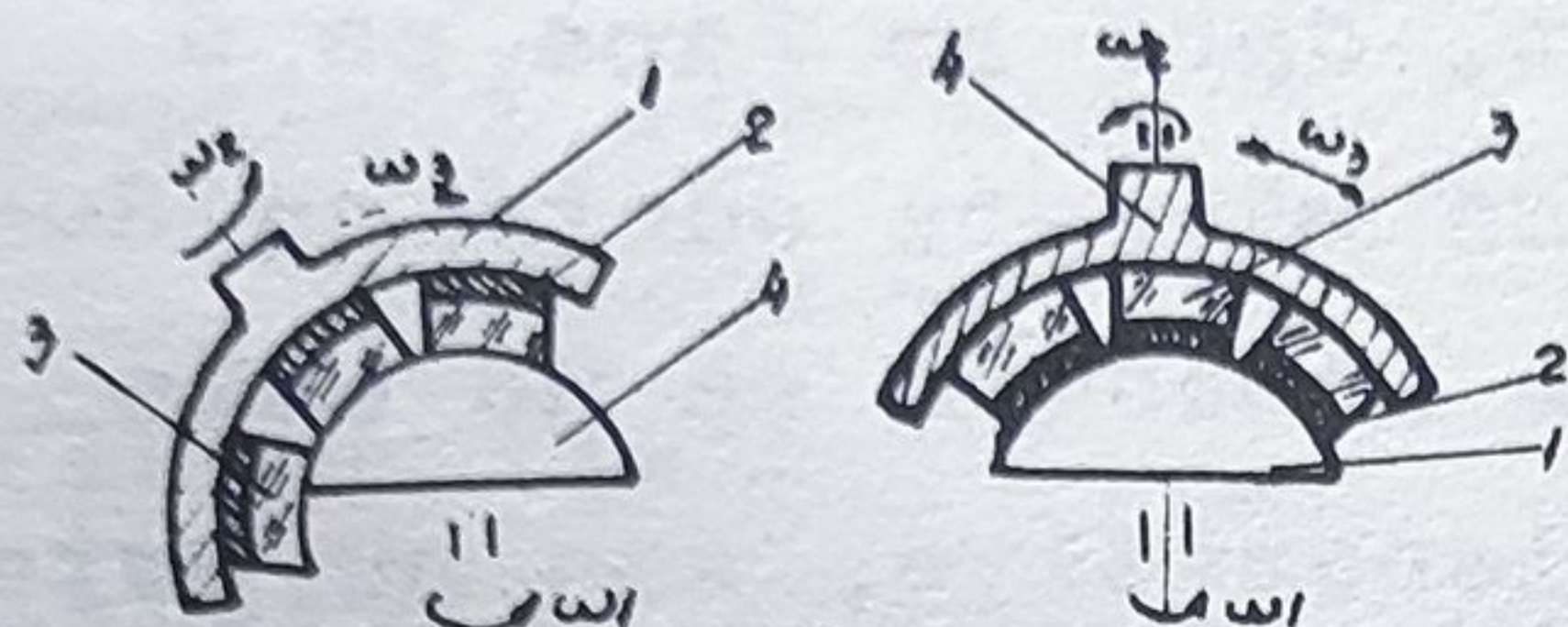
Dacă piesele sînt biconcave sau biconvexe, se obișnuiește a se prelucra mai întâi suprafața cu raza de curbură mai mare, întrucît în caz de apariție a defectelor în timpul executării celeilalte fețe, remediile se execută mai ușor (se prelucrează mai multe piese simultan). În orice caz, suprafețele care se prelucrează mai greu, sau au condiții tehnice mai severe de îndeplinit, se prelucrează la urmă, pentru a le feri pe cît posibil de eventuale degradări.

### 13.1 Șlefuirea medie și fină a lentilelor

Șlefuirea medie și fină a lentilelor se execută de regulă pe mașini cu braț oscilant. Sînt însă și situații în care se preferă șlefuirea manuală și anume la prelucrarea pieselor de precizie și de dimensiuni mici, ce urmează a se prelucra pe mașini cu 10 și 20 posturi, sau la șlefuirea pieselor de precizie ce se prelucrează bucată cu bucată. În această situație, se lucrează pe mașini fără braț oscilant, de tipul celor pentru șlefuirea razelor de curbură, pentru prinderea și antrenarea blocurilor folosindu-se mînere de lemn, terminate cu o parte metalică cu con interior. Aceasta este în fond singura deosebire, principiile de lucru și tehnologia rămînînd nemodificate.



În principiu, dispozitivele cap se prelucrează fixate în axul mașinii, în timp ce dispozitivele ceas-că sînt acționate de antrenorul mașinii, indiferent dacă se prelucrează suprafețe concave sau convexe (fig.13.1).



**Fig.13.1. Șlefuirea medie și fină a lentilelor:**  
1- dispozitiv de blocat;  
2- pernă de mastic;  
3- lentilă; 4- dispozitiv de șlefuit.

De asemenea, tehnologia operației nu se modifică, fie că se prelucrează lentile blocate elastic, fie rigid.

Șlefuirea medie și fină trebuie executate cu deosebită atenție, întrucît sînt urmate de operația cea mai dificilă și mai laborioasă, polisarea și aici inexactitatea de șlefuire are

ca repercusiuni imediate prelungirea nejustificată a operației de polisare.

Șlefuirea medie și fină aduce suprafețele la un înalt grad de finisare, astfel încît operația se cere executată și la o acuratețe corespunzătoare, rizurile apărute pe lentilă, la o păstrare și manipulare necorespunzătoare a abrazivului, sau datorită lucrului neîngrijit, neputînd fi eliminate prin polisare. Din aceleași considerente, la trecerea de la șlefuirea medie la șlefuirea fină și mai departe la polisare, blocurile trebuie să fie spălate insistent, pentru a îndepărta tot abrazivul rămas pe lentile, dar mai ales între lentile. Cîteva granule numai, rămase de la ope-



rația precedentă, pot compromite acuratețea piesei și operația trebuie reluată.

În timpul șlefuirii trebuie verificată permanent și menținută concordanța dintre dispozitivele de prelucrare, în sensul arătat. Prelucrarea se consideră satisfăcătoare, deci reglajul mașinii bun, dacă prelucrarea începe de la margine la centru.

Prelucrarea decurge corect, dacă se face pe o porțiune inelară marginală, ce se mărește odată cu durata prelucrării. În caz contrar înseamnă că nu este respectată concordanța dintre dispozitive, sau nu este reglată corect mașina, fiind necesară întreruperea lucrului și executarea remedierilor necesare. Reglarea dispozitivului se face de asemenea conform celor arătate anterior (fig.13.2).

Trebuie menționat, că în cadrul respectării principiului enunțat, se obișnuiește totuși a se prelucra de preferință blocuri de lentile executate recent, calde

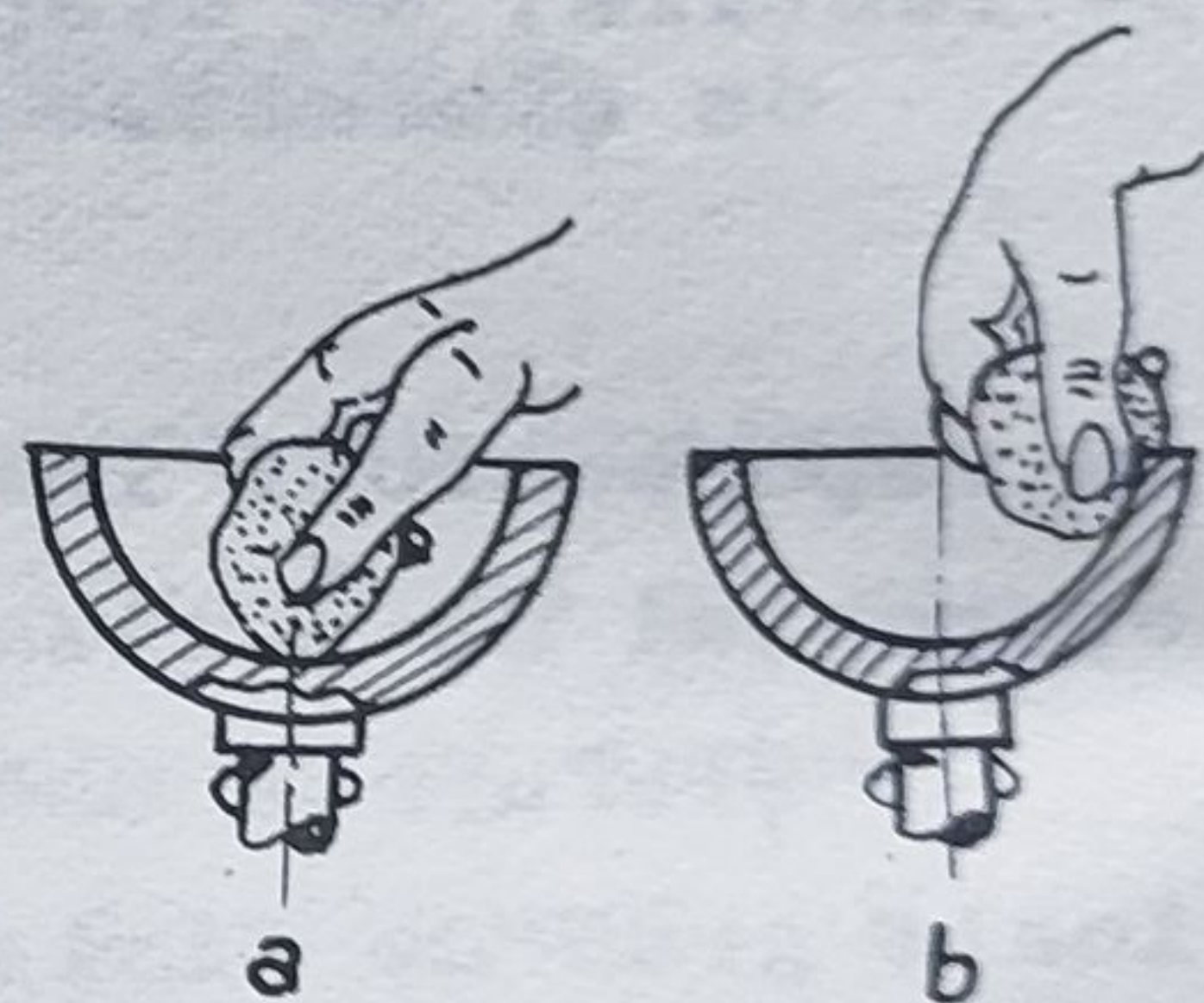


Fig.13.2. Reglarea dispozitivelor de șlefuit: a - reglarea din centru; b - reglarea din margine.

încă, pentru ca lentilele să aibă posibilitatea de a ceda așezându-se corect pe dispozitiv, astfel încât la fiecare suprafață în parte, șlefuirea să se producă tot de la margine la centru. Se evită astfel șlefuirea excesivă a rîndului marginal și se obține prelucrarea uniformă a blocului.



Durata de șlefuire a blocului depinde de dimensiunile blocurilor, duritatea sticlei, abrazivii folosiți etc. În orice caz, intrându-se în domeniul adaosurilor mici, nu trebuie mărită exagerat durata prelucrării, ci trebuie respectată experiența de atelier. Aceasta se cere respectată mai ales la blocarea elastică a lentilelor, neexistând posibilități de măsurare a grosimii lentilelor în timpul lucrului.

Alimentarea, după cum s-a arătat, este bine să fie continuă. În cazul în care nu dispunem de dispozitivele de alimentare necesare, aceasta se face intermitent, dar oprindu-se mașina și punând abraziv pe toată suprafața dispozitivului.

Nu se va prelucra niciodată uscat, întrucât există pericolul apariției rizurilor. De aceea, la utilizarea unor dispozitive de alimentare cu pompă sau cu autoalimentare, se va porni întâi sistemul de alimentare și nu se vor monta dispozitivele decât după acoperirea dispozitivelor cu suspensie.

Fiind în domeniul diferențelor mici de rază față de raza finală, corectarea dispozitivelor nu se mai poate face după șablon, deoarece este necesară polisarea unor lentile de probă, reglajul efectuându-se după indicațiile calibrului. Se mai folosește uneori verificarea razei cu calibrul, prin aburirea acestuia, însă este un procedeu incorect, întrucât duce la deteriorarea prematură a calibrului.

Curbura dispozitivului de șlefuit fin trebuie să fie astfel reglată, încât să ducă la realizarea unor suprafețe, care să prezinte față de raza finală o diferență de 2-3 inele de interferență. Diferențe



mai mari de curbura pot fi corectate greu la polisare, astfel încât este de preferat, în asemenea situații, să se reia cel puțin operația de șlefuire fină, după o reglare corespunzătoare a dispozitivului.

### 13.3. Șlefuirea medie și fină a lamelor plan-paralele și penelor optice

Cele arătate privind șlefuirea medie și fină a lentilelor își mențin în general valabilitatea și la șlefuirea lamelor plan-paralele și penelor. Bineînțeles apar aici unele elemente caracteristice, legate de forma și condițiile tehnice impuse acestora.

La șlefuirea fină a lamelor plane fără condiții deosebite, blocarea se face pe platouri lise, cu mastic pe bază de colofoniu, ca acela utilizat la șlefuirea brută. Neexistând element de compensare a grosimilor, este deci necesară o sortare prealabilă a lamelor, astfel încât pe același platou să nu se găsească piese a căror diferență la grosime să fie mai mare de 0,05-0,1 mm. În caz contrar, șlefuirea este neuniformă și așezarea dispozitivului de șlefuit nu se face pe toată suprafața blocului, iar piesele rezultă cu diferențe mari de paralelism.

Ceva mai laborios se execută șlefuirea lamelor plane cu toleranțe strânse la paralelism. În primul rând, blocarea nu se mai face pe platouri lise, ci pe platouri cu canale circulare, pentru ca masticul de lipire să nu introducă diferențe, surplusul fiind preluat de canale. În al doilea rând, șlefuirea se face urmărindu-se permanent paralelismul suprafețelor



Măsurarea se face în diferite puncte, pe suprafața exterioară a platoului fiind executată o porțiune inelară paralelă riguros cu suprafața de blocare, tocmai pentru a se putea măsura exact. Uneori se mai obișnuiește de a se lăsa câteva piese în afara platoului, pentru măsurarea directă, dar nu este totuși indicat acest sistem, întrucât piesele se pot degrada prin lovire sau degradează ele suprafața polisurului.

Penele optice, dacă nu se prelucrează pe plăci sau canale, se pot șlefui blocate elastic, pe pernțe de mastio. Dacă precizia de execuție o cere, înainte de șlefuirea celei de a doua fețe, prima fiind deci polisată, se poate executa o reglare a unghiului de pană, prin șlefuire bucată cu bucată și verificarea pe autocolimator, după care se blochează și se prelucrează și cea de a doua față. Dacă precizia este foarte ridicată (sub 1') această tehnologie nu poate satisface, fiind necesară utilizarea unei prelucrări prin metode precise de blocare.

### 13.3. Șlefuirea medie și fină a prismelor

Nici șlefuirea medie și fină a prismelor nu prezintă diferențe față de principiile enunțate și caracteristicile operației. Etapele de prelucrare și ordinea de lucru a suprafețelor, depind de tipul și geometria prismei. Se pot face totuși unele recomandări de ordin general.

După cum se cunoaște, prismele se blochează la o precizie medie a unghiurilor, în ipsos, potrivit



tehnologiei cunoscute. După cum însă este de asemenea cunoscut, la solidificarea ipsosului se produc deformări ale blocului. Cu toate că prismele sînt lipite pe platou cu parafină, se produce totuși o deplasare a acestora, alterîndu-se mărimea unghiului prelucrat. De aceea, la operația de șlefuire brută este necesară executarea mai precisă a unghiurilor. De regulă, se pot obține rezultate satisfăcătoare, prin această metodă, la prelucrarea prismelor al căror unghi trebuie executat cu precizie de 3-5'.

Prismele al căror unghi trebuie executat cu precizie ceva mai ridicată (2-3') se pot prelucra prin această metodă, cu unele mențiuni speciale. Pentru asigurarea acestei precizii, se poate executa o corecție manuală, după fiecare prelucrare a unei fețe, pentru reglarea unghiului următor. Se poate proceda însă la prelucrarea întregii prisme, urmînd apoi să se corecteze manual numai unghiurile constatate a fi rezultat în afara toleranței. Potrivit condițiilor impuse, se poate proceda după cum se consideră că este mai economic.

Prismele de precizie ridicată (sub 1') ca și prismele cu acoperiș, se execută manual, utilizîndu-se sisteme de blocare precise, cel puțin pentru realizarea unghiurilor tolerate strîns. Tehnologia pentru realizarea acestora va fi însă prezentată ulterior.



#### 13.4. Regimuri de prelucrare la șlefuirea medie și fină

Șlefuirea medie și fină se execută cu abrazivi din categoria micropulberilor. În cadrul unei tehnologii date, pentru o anumită finisare asigurată la operația de șlefuire brută, pentru șlefuirea medie și fină se utilizează o pereche dată de abrazivi. În mod curent, se folosesc pentru executarea acestei operații abrazivii M28 și M14. Sînt însă situații cînd este necesară o finisare și mai bună a suprafeței, utilizîndu-se pentru aceasta perechea de abrazivi M20 și M10.

Rugozitatea suprafeței, ajunge în cazul șlefurii medii la 1,6 iar la șlefuirea fină 0,4. Regimurile de prelucrare nu pot fi mult prea ridicate, întrucît în timpul prelucrării nu se poate depăși o anumită temperatură, determinată de caracteristicile masticului de blocare. Depășirea acestei limite duce la deformarea blocului și la apariția neregularităților. De asemenea, un regim intensiv duce și la apariția șocurilor, total neindicate la prelucrări de precizie.

Vitezele liniare recomandate la șlefuirea medie și fină sînt de 2 m/s, respectiv 0,6 m/s. La prelucrarea sticlelor moi, viteza trebuie să fie ceva mai redusă.

Nu se recomandă a fi folosite presiuni de lucru prea mari, întrucît se poate produce deformarea blocului.

În situația prelucrării cu sisteme de alimentare continuă, emulsia va fi preparată folosindu-se 250-300 g abraziv la litrul de apă.



## Capitolul 14

### TEHNOLOGIA POLISĂRII STICLEI

Operațiile prezentate pînă în prezent, care înseamnă tot atîtea etape în procesul de transformare a semifabricatului în piesă optică finită, acționau asupra formei și dimensiunilor acestuia, mărindu-se treptat gradul de netezime a suprafeței, aceasta rămînînd însă în continuare mată, netransparentă. Operația prin care suprafața pieselor devine transparentă, datorită prelucrării ei pînă se ajunge la o calitate a suprafeței de ordinul  $0,012\mu$  este operația de polisare. Materialele utilizate pentru polisarea sticlei sînt de fapt oxizi ai unor elemente (de regulă pămînturi rare) sau amestecuri de asemenea oxizi, cu caracteristici și capacități de prelucrare diferite. Suprafețele ce se realizează astfel sînt suprafețe optice polisate, ale căror defecte ce caracterizează acuratețea suprafeței (puncte, rizuri, striuri etc.) trebuie să se încadreze în clasa de acuratețe prescrisă în desen. Precizia de execuție a suprafeței (sferică sau plană) verificată cu ajutorul calibrelor optice, trebuie realizată potrivit condițiilor indicate în desen, atît sub aspectul preciziei (numărul de inele de interferență  $N$ ) cît și al regularității (defecte locale  $\Delta N$ ). Modul de verificare și interpretare a figurii de interferență este prezentat ulterior. În funcție de condițiile ce sînt impuse pieselor sub raportul preciziei de execuție, se alege și suportul



pe care trebuie să se execute polisarea. În funcție de aceste condiții se poate proceda la polisarea pe suporturi de pîslă, sau pe suporturi de mastic. Nu sînt diferențe de tehnologie între polisarea suprafețelor plane sau sferice, procesul de polisare fiind deci prezentat general. Particularitățile sînt determinate numai de natura suportului de polisare.

#### 14.1. Polisarea pe suporturi de pîslă

Polisarea pe suporturi de pîslă, neputînd duce la obținerea unei precizii ridicate a suprafețelor polisate, se utilizează pentru prelucrarea pieselor mai puțin pretențioase (geamuri de protecție, filtre, condensori etc.). Polisarea se execută cu ajutorul unui suport de pîslă ce se lipește pe dispozitivul cap sau ceașcă (fig.14.1).

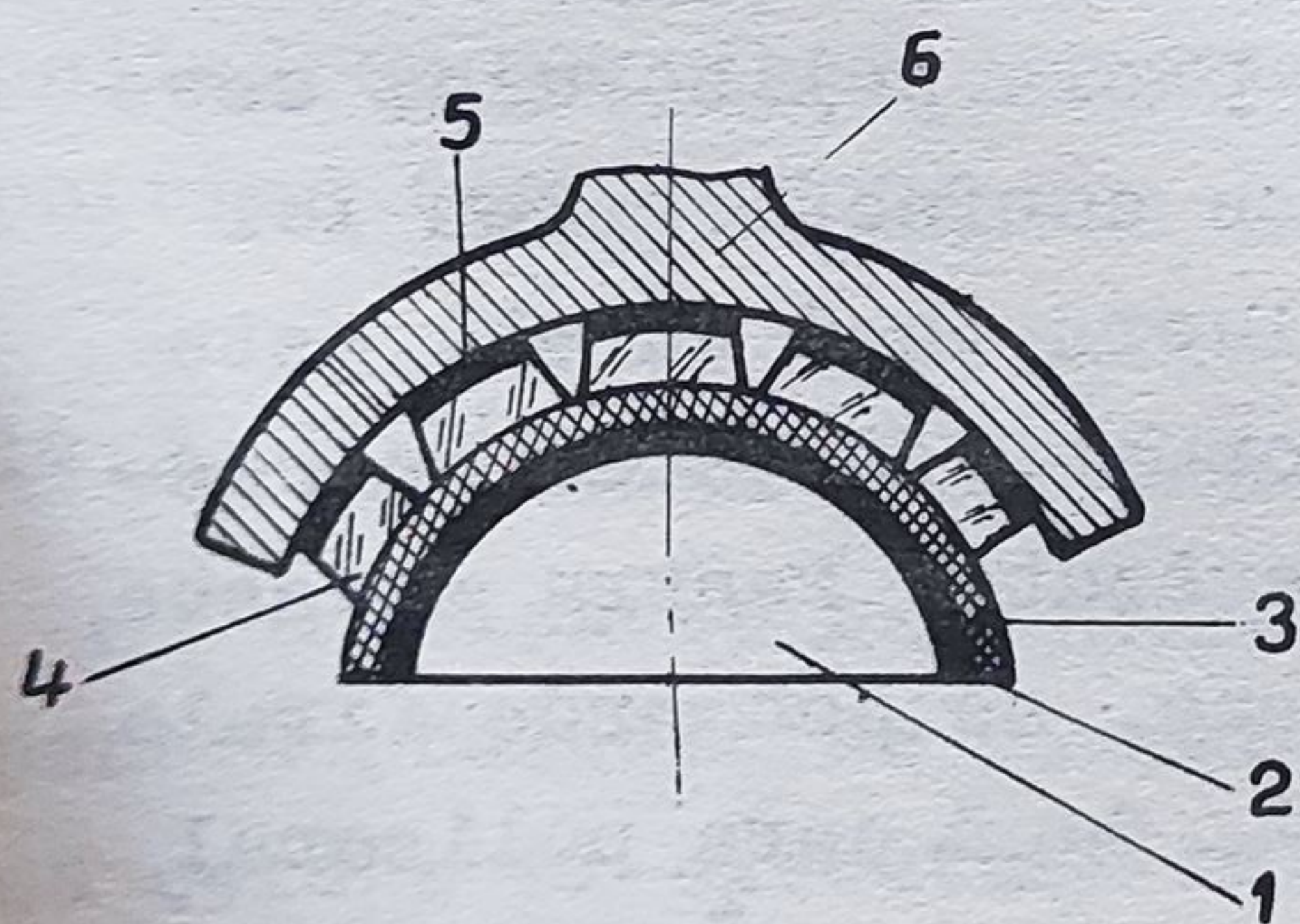


Fig.14.1. Polisarea pe suport de pîslă:  
1-dispozitiv polisor;  
2-mastic; 3-pîslă; 4-len-  
tilă; 5-perniță de mastic;  
6-dispozitiv de blocat.

Pîsla ce se folosește drept suport de polisare, trebuie să fie foarte bine presată și executată din lînă cu fir lung (pîslă merinos calitatea I STAS 4218-60). Grosimea pîslei poate fi între 2-6 mm. Din considerente de durabilitate a polisorului, cel mai des se folosește pîslă de 4-6 mm. Întrucît raza polisorului trebuie să



corespundă exact cu raza piesei de polisat. dispozitivul pentru confecționarea polisorului trebuie foarte bine ales, pentru ca pîsla să fie în contact cu dispozitivul pe toată suprafața. Pîsla pentru confecționarea polisorului este tăiată din bucată, potrivit dimensiunilor dispozitivului, lăsîndu-se însă și o margine de siguranță. Pentru a se lipi pe dispozitiv, pe o suprafață a ei se pune mastic topit, ce se întinde bine, într-un strat subțire. Confecționarea polisorului se face prin presarea dispozitivului ales pentru polisor, care este încălzit și așezat în presă peste suprafața acoperită cu mastic a pîslei. Aceasta se află pe suprafața unui dispozitiv special pentru formarea polisoarelor (simbol F) avînd raza corespunzătoare piesei de polisat. Acest ansamblu (polisor, pîslă, dispozitiv de format) este bine presat într-o presă de mîină cu șurub și menținut astfel o perioadă de timp, pentru o formare corectă. După presare pîsla polisorului este tunsă marginal, considerîndu-se confecționarea lui terminată. Pentru a se putea lucra însă cu el, este necesar ca polisorul să fie format, adică să se realizeze uniformitatea razei prevăzute. Pentru aceasta, cu ajutorul unui arzător cu gaze, se pot arde firele izolate de la suprafața pîslei, după care polisorul trebuie rodat pe un dispozitiv metalic. În lipsa acestuia, polisorul poate fi rodat uscat și pe un dispozitiv cu lentile, însă este mai puțin indicat, întrucît se ajunge la temperaturi destul de ridicate și nici piesele nu se pot considera corect prelucrate. În timpul lucrului, alimentîndu-se cu oxizi de polisat în suspensie, pe suprafața polisorului se formează o crustă. Abia la formarea acestei cruste, operația de



confecționare poate fi considerată încheiată, polisorul lucrând cu randamentul necesar. În timpul polisării, alimentarea cu suspensie trebuie făcută constant, suspensia având densitatea necesară, un exces de apă ducând la reducerea grosimii crustei polisoului, deci la scăderea capacității de prelucrare a polisoului. De regulă, la prelucrarea pe suporturi de pîslă, nu se pot utiliza metode de alimentare la care polisorul este cufundat în suspensie, întrucît pîsla își modifică caracteristicile și durabilitatea polisoului scade. La prelucrarea pe suport de pîslă nu se pot obține piese de mare precizie, întrucît polisorul practic nu poate fi reglat în timpul lucrului, deci nu se poate face o corectare a procesului de prelucrare în vederea obținerii unei calități ridicate. În schimb, nefiind legat de rezistența mecanică a masticului, iar masticul de blocare avînd o temperatură de înmuiere mai ridicată, polisarea pe pîslă permite regimuri mai intensive, suportînd temperaturi mai ridicate.

#### 14.2. Polisarea pe suport de mastic

Polisarea pe suport de mastic, este utilizată pentru prelucrarea pieselor optice, la care suprafața se cere a fi executată fără abateri (sau în anumite limite). Masticurile ce se utilizează pentru confecționarea polisoarelor pot fi de mai multe tipuri și categorii, utilizarea lor fiind determinată de regimul de lucru, temperatura din atelier, duritatea materialului, condițiile în care trebuie realizată piesa etc. În ultima perioadă, tinde să se generalizeze prelucrarea cu masticuri cu făină de lemn, întrucît acestea sînt mai elastice,



au o stabilitate mai mare în timpul lucrului și un randament superior (fig.14.2).

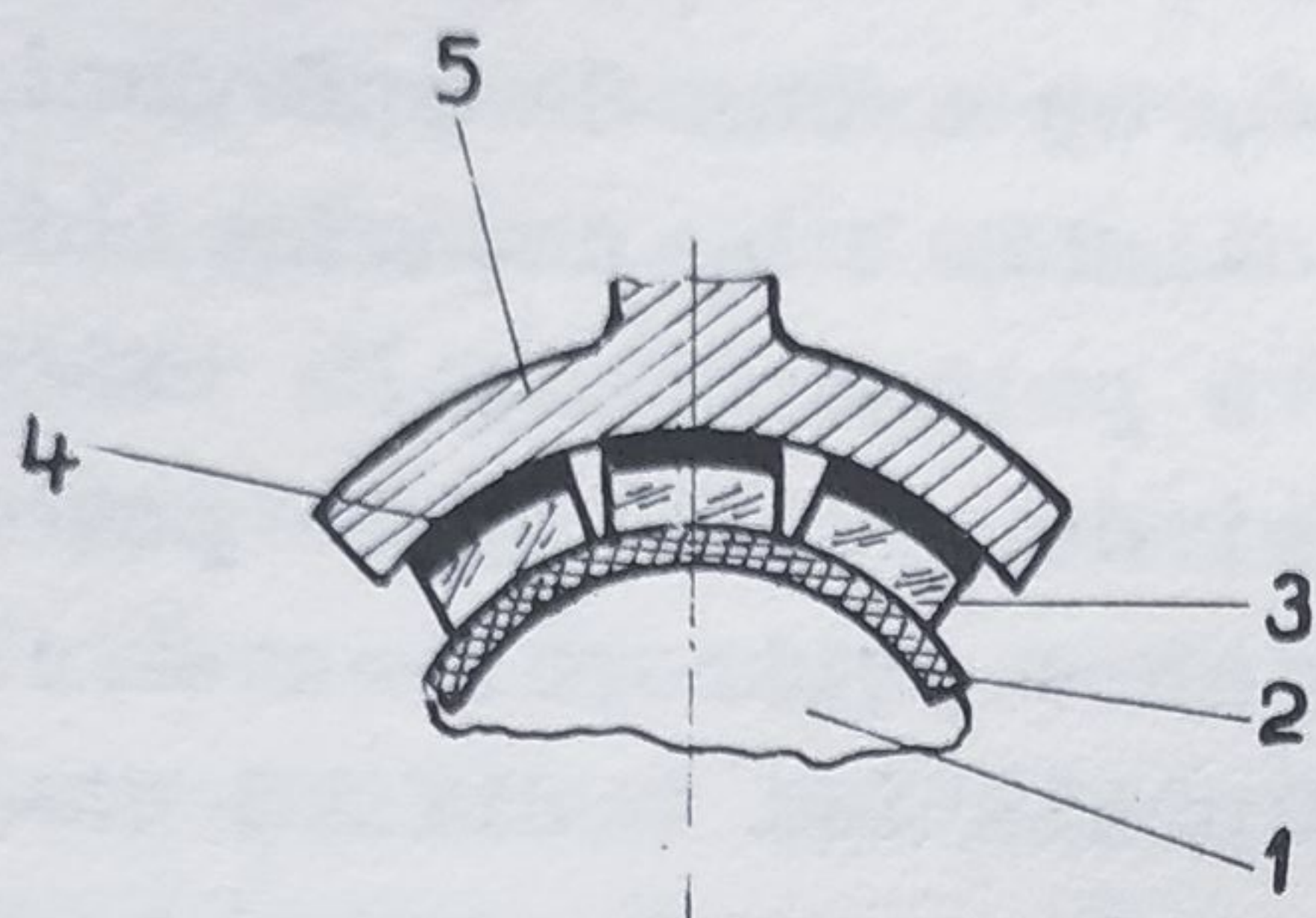


Fig.14.2. Polisarea pe suport de mastic:  
1-dispozitiv polisor;  
2-strat de mastic; 3-lentilă; 4-perniță de mastic; 5-dispozitiv de blocat.

Confecționarea polisoarelor cu mastic este ceva mai simplă decât cea a polisoarelor cu pîslă. Pe dispozitivul ales pentru a deveni polisor, ușor încălzit, pentru aderență, se toarnă masticul de polisat sub formă topită. După solidificare, cu dispozitivul de formare, umezit cu apă sau cu apă și săpun, pentru a nu adera, se imprimă acestuia forma dorită. Excesul de mastic de la margine este

apoi îndepărtat cu cuțitul de reglaj. Ca de altfel și la confecționarea polisoarelor de pîslă și aici dimensiunea dispozitivului de formare trebuie astfel aleasă, încît polisorul să îndeplinească condiția de polisare de la margine la centru. Grosimea stratului de mastic aplicat nu trebuie să fie mai mare de 2-3 mm, din considerente de rezistență și deformare. De regulă, încă de la confecționare, indiferent de formă (plan, convex sau concav) în centrul polisorului este bine să se facă o adîncitură, necesară pentru ca în timpul prelucrării masticul să poată ceda, pe de o parte, iar pe altă parte, să poată colecta de pe suprafața polisorului unele impurități, scame etc., ce dăunează procesului. La începerea lucrului este bine ca polisorul să fie puțin încălzit pentru a lua ușor forma



blocului de polisat și alimentat pe toată suprafața cu suspensie de polisat. Piese polisate pe suport de mastic pot fi realizate în condiții ridicate de precizie, întrucât polisorul poate fi reglat în timpul prelucrării, pentru corectarea procesului de prelucrare. Pentru a permite repartizarea suspensiei pe întreaga suprafață a polisorului, se execută încă de la început o serie de creștături uniform repartizate, sub forma unor pătrate sau spirale (fig.14.3).

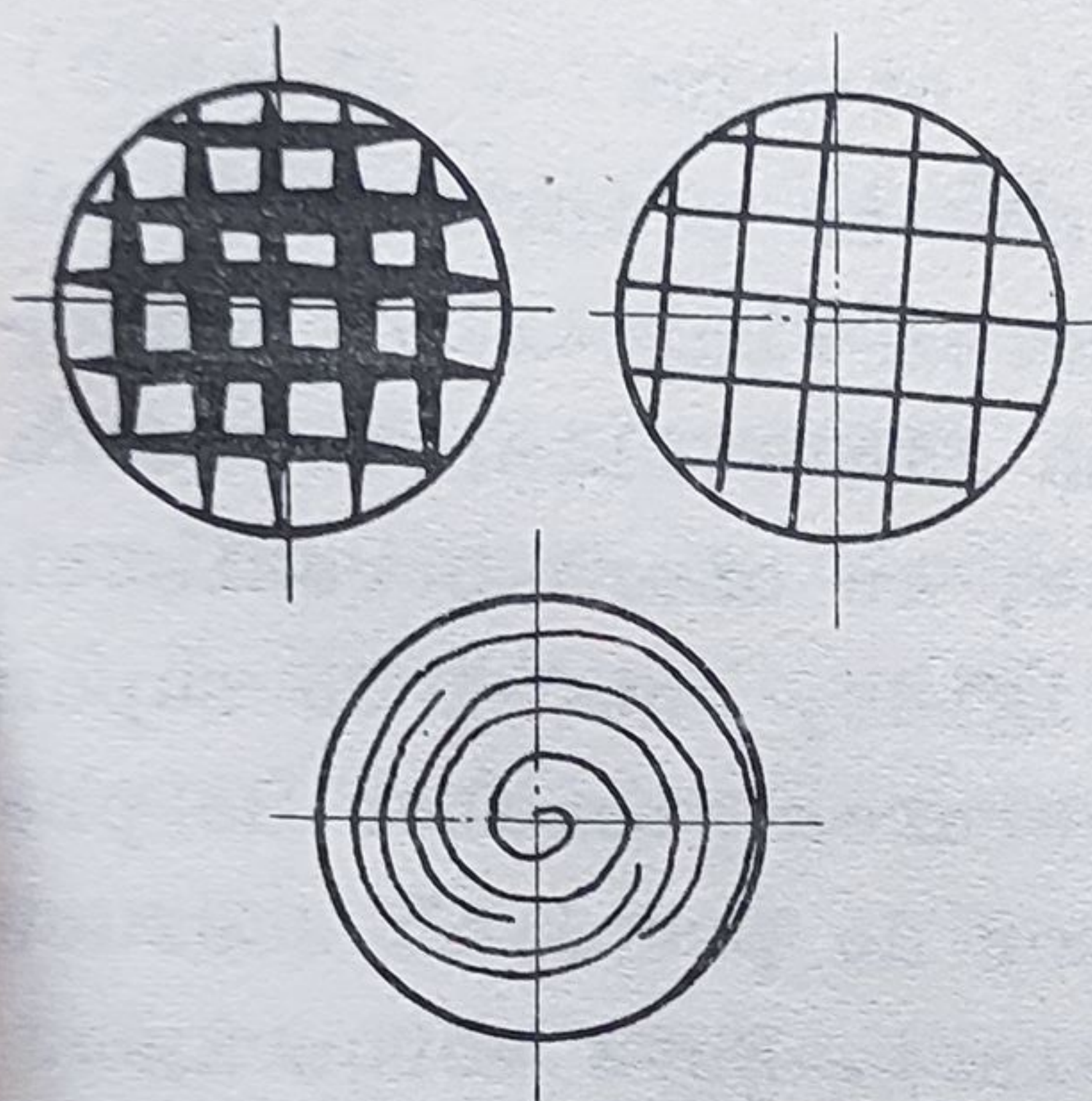


Fig.14.3. Creștarea polisoarelor de mastic pentru prelucrare uniformă.

În același mod se reglează polisorul și în timpul prelucrării, dacă procesul decurge normal. Dacă însă, la verificarea cu calibrul se obține contact central sau marginal, se va face o creștere accentuată a zonei marginale a polisorului, respectiv a celei centrale, pentru corectarea procesului. În timpul polisării, curățenia la locul de lucru trebuie asigurată în mod deosebit.

Impuritățile sau granulele de abraziv, ajungând pe suprafața polisorului, se fixează pe suprafața acestuia, producând degradarea piesei. De aceea, înainte de polisare, dispozitivele și blocurile trebuie să fie bine spălate. De asemenea, mașina sau hainele lucrătorului nu trebuie să fie îmbîcsite cu abraziv. La terminarea lucrului, polisorul se scoate de pe bloc, deplasîndu-l în direcția de polisare, pentru



a nu-l deteriora. El trebuie să fie apoi spălat de oxizi, uscat și depozitat la loc închis. Dacă depozitarea se face în rafturi deschise, este bine ca înainte de depozitare polisorul să fie împachetat în hîrtie. Regimul de lucru, la polisarea pe mastic, nu poate fi prea ridicat, datorită rezistenței mai mici a polisurului, compensînd însă aceasta prin calitatea ridicată a prelucrării.

#### 14.3. Alte suporturi folosite pentru polisarea sticlei

În ultima perioadă, încercîndu-se o intensificare a regimurilor de polizare, în vederea ridicării productivității operației, au început să fie utilizate pentru polizare o serie de alte materiale, ce oferă o rezistență mai ridicată. Fiind deci mai rigide, astfel de suporturi nu pot fi utilizate la prelucrarea pieselor de precizie, ci pentru polisarea pieselor de precizie scăzută sau cel mult a lentilelor de ochelari. Este vorba în primul rînd de utilizarea pîslei impregnate cu colofoniu și oxid de ceriu sau de zirconiu, realizîndu-se astfel suporturi ce rezistă la regimuri intensive și suportă alimentare continuă cu suspensie. Mai recent, s-a introdus polisarea pe suporturi din material plastic (de exemplu polistiren) care pot suporta un regim dur de polizare. Datorită regimurilor folosite, durabilitatea acestor suporturi nu este încă prea ridicată. Pîsla impregnată rezistă la polisarea a 100-200 suprafețe, iar masele plastice la polisarea a 200-300 de suprafețe.



#### 14.4. Regimuri de lucru la polisare

Regimurile de lucru diferă la polisarea pe suport de pîslă față de polisarea pe mastic. La polisarea pe pîslă regimul utilizat poate fi mai intensiv, ajungîndu-se la o viteză periferică de 5-6 m/s și la o presiune de pînă la 180 gf/cm<sup>2</sup>. Debitul optim de suspensie este între 1,3 și 2,1 cm<sup>3</sup>/min. La polisarea pe mastic, regimul este mult mai redus, viteza periferică fiind de 1-1,5 m/s, iar presiunea de 120 gf/cm<sup>2</sup>. Densitatea optimă a suspensiei de poliset este de circa 1,1 gf/cm<sup>3</sup>. (ceea ce corespunde la 250-300 g oxid la litrul de apă). La polisarea pe pîslă, mărirea alcalinității suspensiei, poate duce la o mișcare a productivității polisării, datorită distrugerii țesăturii. Rezistența maximă a fibrelor apare la concentrația ionilor de hidrogen pH=2... ..9. Temperatura optimă la suprafața dispozitivului, în timpul polisării, este de 50-60°C. Polisarea fiind după cum se știe, un proces chimico-mecanic, prelucrarea la temperaturi mai ridicate, sau mai scăzute, afectează productivitatea operației. Temperatura aerului în atelierul de polisare, este bine să fie cuprinsă între 20-26°C. În ceea ce privește presiunea, este bine ca, dacă este posibil, în atelierul de poliset să existe o ușoară suprapresiune, pentru ca circulația aerului să se facă de la interior la exteriorul atelierului, spre a evita pătrunderea prafului. Climatizarea atelierului de poliset nu este necesară decît în cazul unor prelucrări optice de precizie. Alimentarea cu suspensie este bine să se facă cu alimentatoare continue (cele mai utilizate fiind cele cu pompă centrală). Întrucît în timpul alimentării se formează o spumă la suprafața suspensiei, este bine să se adauge în suspensie un antispumant (sulfat de magneziu).



## Capitolul 15

### PRELUCRAREA MANUALĂ A PIESELOR OPTICE

#### 15.1. Generalități

S-a amintit în mai multe rânduri tendința actuală de mecanizare și chiar de automatizare a unor procese legate de prelucrarea pieselor optice. Aceasta nu înseamnă însă că nu se ivesc cazuri, în care prelucrarea manuală să fie în continuare indicată. Sfera de activitate se va îngusta, fără îndoială, dar acolo unde mașinile, în etapa dată, nu pot realiza condițiile tehnice impuse, se va apela în continuare la prelucrarea manuală, mai laborioasă, dar care poate realiza calitatea corespunzătoare, în cazuri dintre cele mai dificile de rezolvat.

Principiile și procedeele tehnologice descrise până în prezent vor fi identice, dar cu unele particularități impuse de caracteristicile procedeului și condițiile în care urmează a se realiza piesele respective.

În figura 15.1. sînt arătate schemele principale utilizate la prelucrarea manuală a pieselor optice.

Dispozitivul plan sau sferic pentru prelucrarea semifabricatelor se află fixat în axul mașinii,



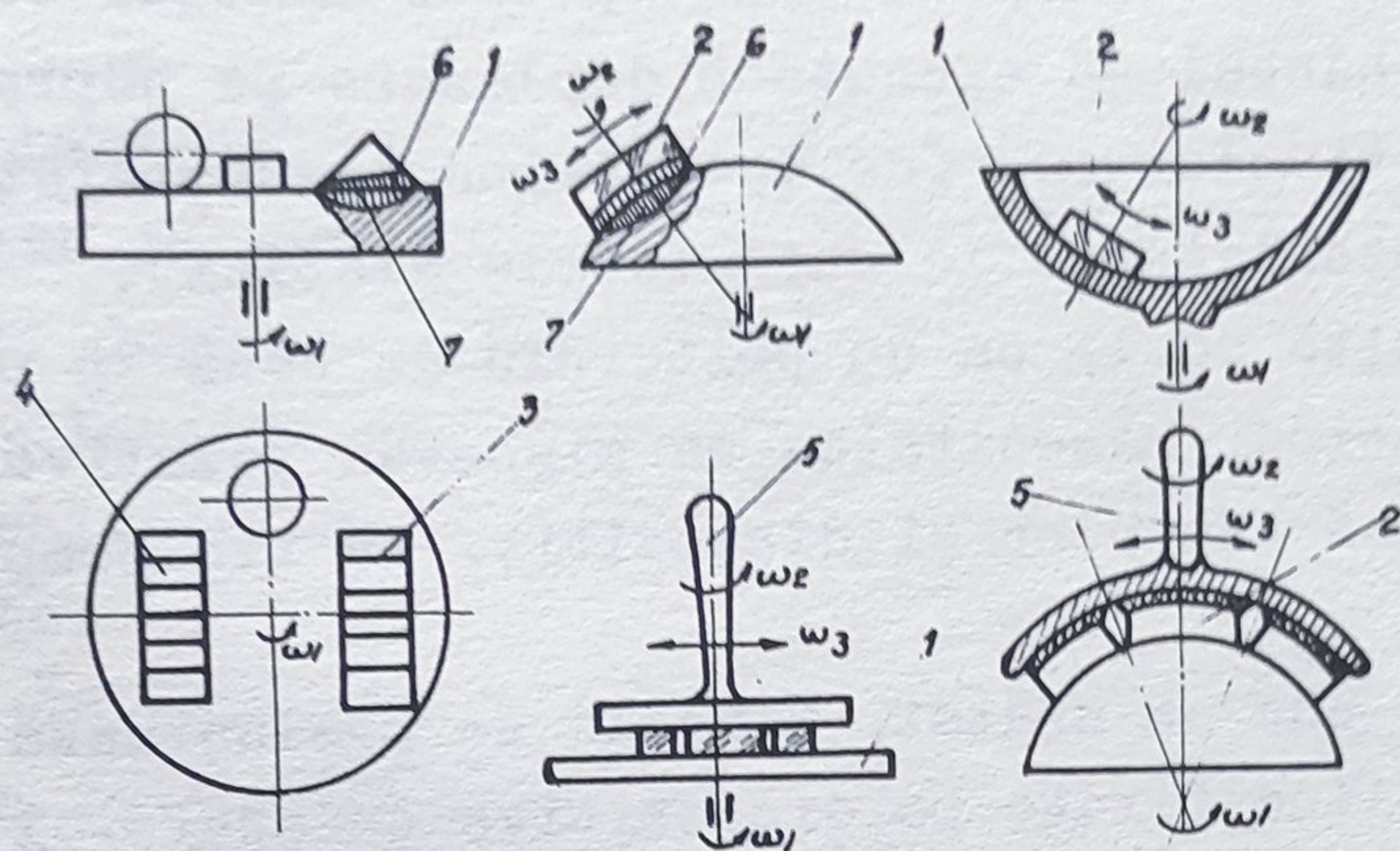


Fig.15.1. Prelucrarea manuală a pieselor optice:  
1- dispozitive de lucru; 2- lentile; 3- prisme;  
4- coloană; 5- dispozitive de blocare; 6- uzura  
piesei; 7- uzura dispozitivului.

executînd o mișcare de rotație ( $\omega_1$ ). Piesa sau blocul de piese, se află deasupra dispozitivului, fiind deplasate pe suprafața sculei de către lucrător.

Întrucît viteza liniară a diferitelor puncte de pe dispozitiv nu este constantă, ci crește cu distanța față de axul dispozitivului ( $v=\omega r$ ), dacă piesa ar fi prelucrată într-o poziție fixă, atît piesa cît și dispozitivul s-ar uza neuniform. Pentru a evita acest lucru, o primă mișcare ce trebuie



imprimată piesei sau blocului este rotația ( $\omega_2$ ) în jurul axei sale. În acest mod se obține prelucrarea uniformă a piesei. Dispozitivul însă, se va uza local, devenind în scurt timp inutilizabil. Rezultă deci, că pentru a asigura uzarea uniformă atât a piesei, cât și a dispozitivului, este necesar ca piesa sau blocul să execute o deplasare pe suprafața dispozitivului  $\omega_3$  (de du-te-vino la suprafețele plane și oscilatorie la suprafețele sferice).

Rezultă deci, ca un principiu de bază în prelucrări optice, necesitatea ca mișcarea relativă dintre piesă sau bloc și dispozitiv, să fie complexă (compusă).

După cum am arătat, piesele se prelucrează în blocuri, fiind fixate pe dispozitive cu ajutorul masticurilor de blocare. În această situație, la blocarea elastică (pe pernțe de mastic) nu este posibilă verificarea grosimii pieselor în timpul prelucrării. Ca atare, singura indicație privind grosimea piesei o constituie martorul ce se lasă de regulă de la prima prelucrare.

Pentru a exista certitudinea că grosimea piesei nu a fost afectată în timpul desfășurării procesului tehnologic, decât în măsura permisă de adaosurile de prelucrare stabilite pe operații, este necesar ca toate procesele de prelucrare să înceapă de la margine spre centrul piesei. Acest principiu determină de fapt și modul în care lucrătorul conduce lucrul, reglează mașina sau utilajul. Chiar dacă se utilizează prelucrarea lentilelor blocate rigid, unde este



posibilă măsurarea precisă a grosimii pieselor în timpul lucrului, respectarea acestui principiu este, pentru siguranță, de asemenea indicat.

### 15.2. Prelucrarea manuală a lentilelor

Lentilele de dimensiuni mici, cu toleranțe ridicate la grosime și sfericitate, se mai execută astăzi, după caz, prin prelucrare manuală, de exemplu, a lentilelor obiectivelor de microscop și a microobiectivelor, a pieselor semisferice, calibrelor etc.

În cazul lentilelor, prelucrarea manuală poate începe de la piese care au fost șlefuite brut sau în cazul lentilelor foarte mici, chiar de la semifabricate cilindrice de sticlă.

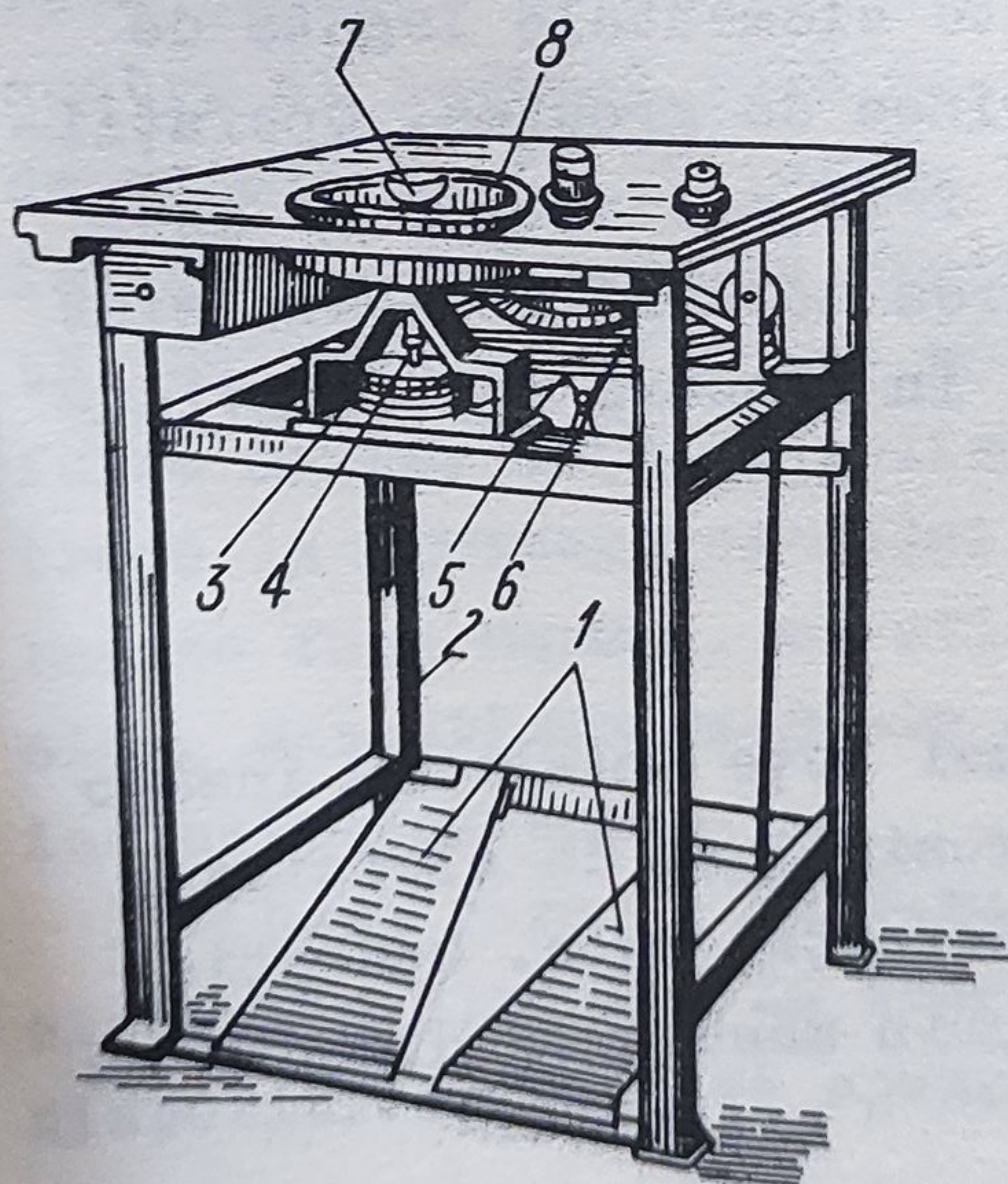


Fig.15.2. Mașină pentru prelucrarea manuală a pieselor de precizie:

- 1- pedale; 2- cadru;
- 3- roți de curea; 4- arbore principal; 5- sistem de antrenare;
- 6- curea; 7- dispozitiv; 8- casetă.



Datorită dimensiunilor și razelor de curbură, lentilele sînt prelucrate blocate pe prelungitoare metalice sau din lemn, acestea fiind însă pe măsura lentilelor.

Prelucrarea se face integral pe mașini pentru șlefuirea manuală, acționate cu pedală (fig.15.2.) sau, acolo unde este posibil, se execută o față pe mașini cu 10 sau 20 posturi sau pe mașini speciale pentru prelucrat microoptică, urmînd numai ca a doua față să se execute manual.

Principiile amintite în cadrul diferitelor operații, ca și succesiunea acestora sînt menținute. Materialele abrazive și de polisat sînt de asemenea aceleași.

Trebuie însă menționate elementele legate de realizarea toleranțelor strînse de grosime. Operațiile de prelucrare ale primei fețe a lentilei se execută identic ca la prelucrarea normală. Piese sînt prelucrate blocate elastic, în blocuri sau individual (pe prelungitoare).

După prelucrarea primei fețe intervine însă o operație de verificare a grosimii și de șlefuire a pieselor în apropierea toleranței date. Operația se poate face individual, prin măsurarea directă cu



micrometrul cu vîrfuri (protejarea feței prelucrate se face cu foiță sau celofan de grosime cunoscută) și șlefuirea cu abrazivi sau se poate face avînd piesele blocate pe plăci de sticlă de dimensiuni corespunzătoare. Întrucît piesele respective au adaosuri mici pentru operația de centrare (unele se prelucurează chiar pînă la muchie vie) încă de la operația de șlefuire a razelor, trebuie dată toată atenția executării cît mai centrate a suprafețelor. În cazul suprafețelor concave se obișnuiește, întrucît fațeta neuniformă poate determina o așezare incorectă a piesei, ce duce la executarea unei piese prismatice, ca diametrul la șlefuirea brută să fie executat la o dimensiune mai mare decît este necesar. Aceasta se face pentru ca, executîndu-se o a doua rotunjire, de această dată la cota necesară, să se asigure executarea sferei pînă la marginea lentilei, fără a se face teșire. În acest mod, piesele avînd același diametru și aceeași rază de curbură, așezarea pe placa de sticlă va fi uniformă, suprafața va fi centrată, iar grosimea se poate realiza într-o precizie ridicată. Se lasă bineînțeles adaosul necesar pentru șlefuire medie, fină și polisare, după care se poate trece la prelucrarea celei de a doua fețe. Prelucrarea se face normal, cu utilizarea martorului de grosime, executîndu-se toate etapele de prelucrare, inclusiv polisare.

Dacă raza de curbură este prea mică, se poate executa o șlefuire în trepte, folosindu-se mai multe dispozitive, pînă se ajunge la raza finală.



Mai trebuie menționat cazul lentilelor concave cu grosime mică la centru, expuse în permanență deformărilor. Pentru a se compensa deformarea și a se putea realiza totuși o culoare uniformă, este necesar ca în timpul prelucrării să se facă frecvente inversări de sens, atât în ceea ce privește rotația axului mașinii, cât și în mișcarea imprimată lentilei.

Deblocarea lentilei prelucrate de pe bloc sau prelungitor se face la cald, lentilele fiind foarte sensibile, după care se continuă cu spălarea și degresarea normală a pieselor, centrarea etc.

### 15.3. Prelucrarea manuală a lamelor plan-paralele

Prelucrarea manuală a lamelor plan-paralele nu este indicată decât în situația în care acestea au o grosime mică, iar condițiile de planitate și în special paralelism sînt foarte ridicate.

Întrucît grosimea este mică (sub 1 mm) și se cere realizarea unei planități ridicate a suprafeței ( $N=0,5-1$ ), datorită pericolului de deformare existent, prelucrarea nu se poate face folosind metodele obișnuite de blocare, ci trebuie utilizată o metodă precisă de blocare. Este vorba de blocarea la contact pe cală de sticlă (fig.15.3.).

Placa de contact este realizată în condiții deosebite de planitate și paralelism ( $N=0,2$ ;  $\theta=2''$ ).



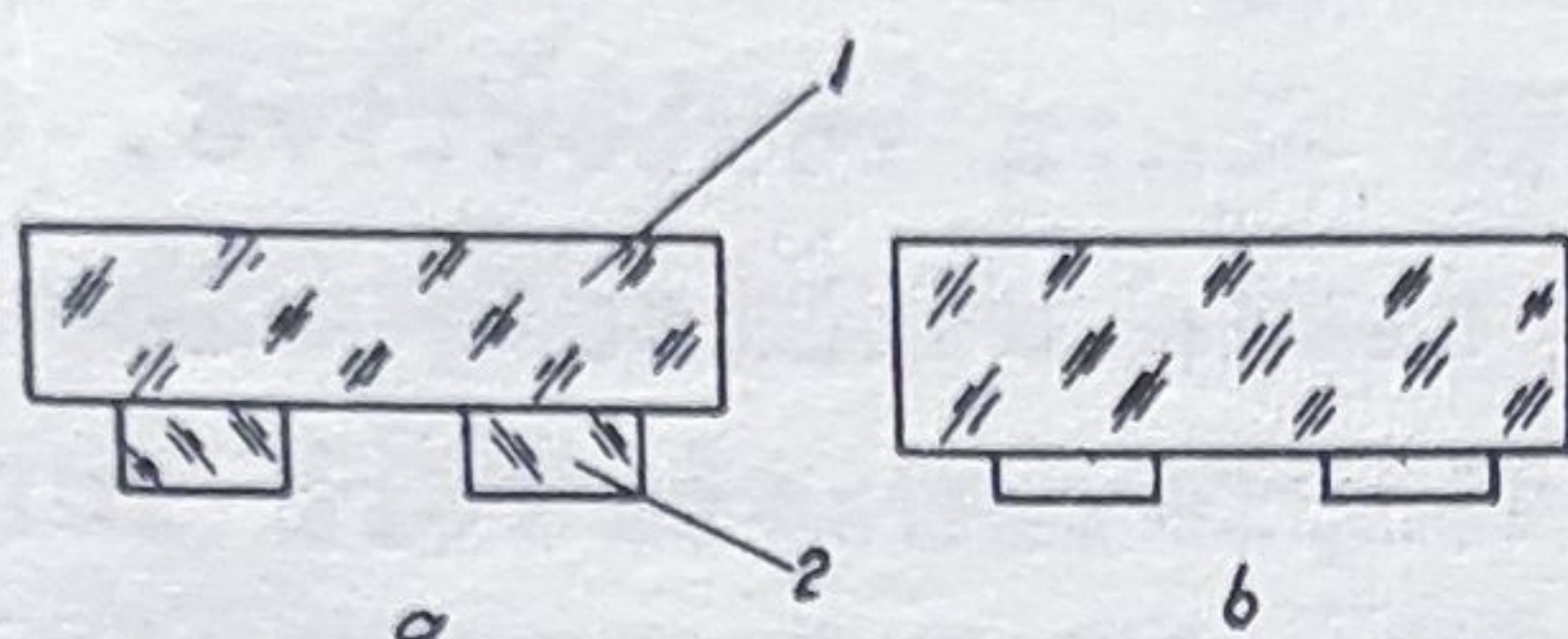


Fig.15.3. Prelucrarea precisă a lamelor plan-paralele:

a- prelucrarea primei fețe;  
b- prelucrarea celei de a doua fețe; 1- cală; 2- lamă plan-paralelă.

Pentru a se putea executa lama plan-paralelă, de asemenea în condiții deosebite, se pornește de la o grosime mult mai mare, care să permită evitarea deformațiilor. După ce se polisează o față în aceste condiții, lama se blochează prin contact pe cala de sticlă. Astfel blocate lamele sînt șlefuite la grosimea necesară.

La polisare paralelismul se verifică cu autocolimatorul. Dată fiind precizia de realizare a calei, se pot astfel obține lame plan-paralele subțiri, dar avînd planitate bună și paralelism de ordinul secundelor.

Polisarea se poate face și mecanic, dacă dispunem de un dispozitiv mecanic pentru prinderea calei și pentru antrenare.

#### 15.4. Prelucrarea manuală a prismelor

Și la prelucrarea manuală a prismelor, principiile de prelucrare și tehnologia de execuție nu prezintă diferențe față de prelucrarea mecanică.



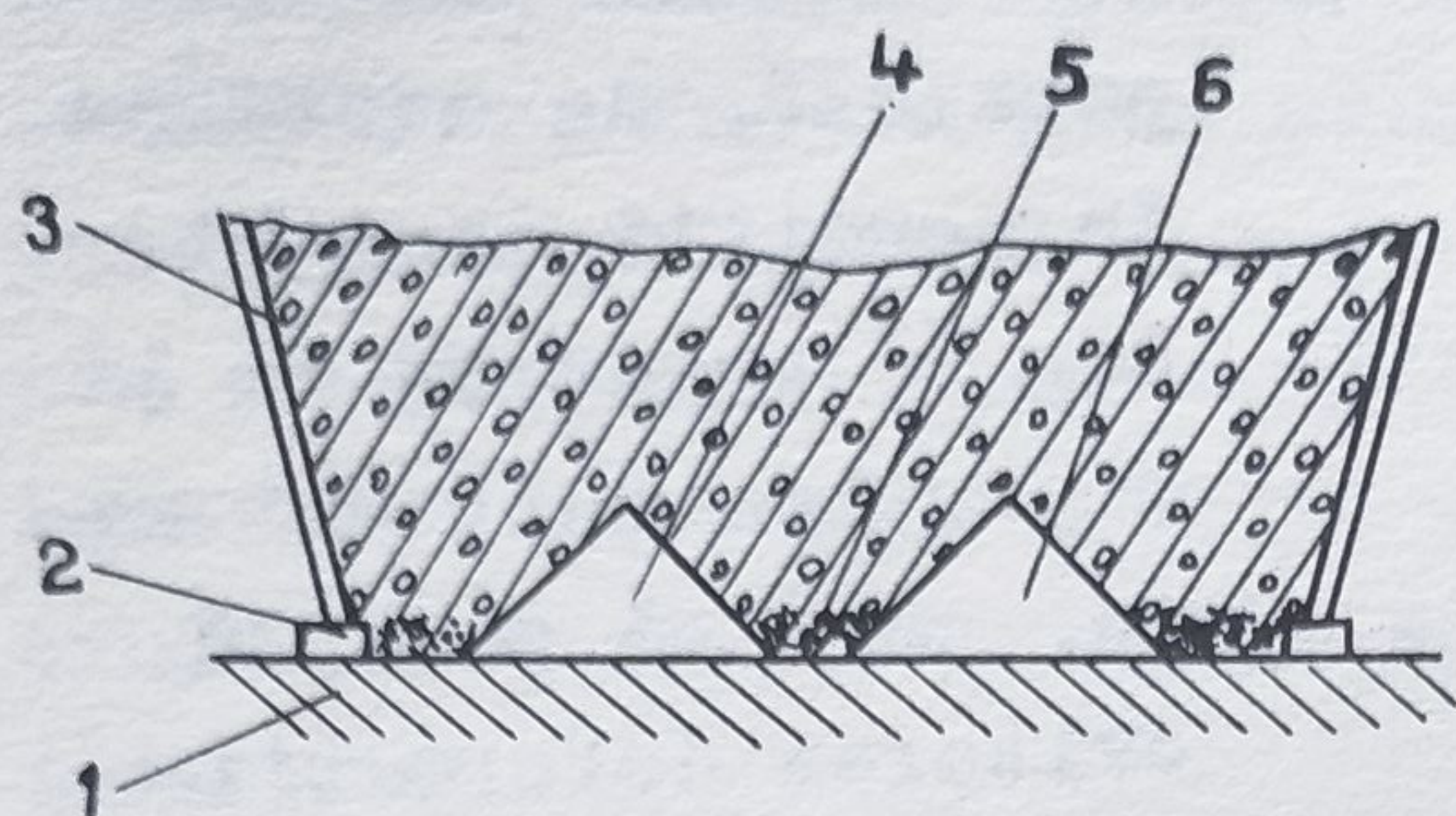


Fig.15.4. Blocarea prisme-  
lor la prelucrarea manuală:

1- platou; 2- distanțier  
de lemn; 3- casetă; 4- pris-  
me; 5- rumeguș; 6- ipsos.

Prelucrarea prismelor  
cu o precizie a unghiur-  
rilor de  $1-2'$ , se face  
prin blocarea în ipsos,  
totul fiind însă redus  
la scara respectivă. Ca-  
setele utilizate sînt  
simple mantale fără fund  
(fig.15.4.), avînd dia-  
metrul de 80-100 mm.

Întrucît precizia  
unghiurilor este ridica-  
tă, prelucrarea începe  
cu polisarea pe plăci  
a unei suprafețe late-  
rale, ce servește ca

bază de reglaj pentru eliminarea piramidității la  
prelucrarea primei fețe. Și aici se pornește cu pre-  
lucrarea catetelor.

După polisarea fiecărei suprafețe, se execută  
un reglaj manual al unghiului feței următoare. La  
prelucrarea ipotenuzei, se caută prin reglaj ca di-  
ferența dată la unghiul de  $90^\circ$  să se repartizeze  
egal între cele două unghiuri de  $45^\circ$ . Se caută bineîn-  
țeles realizarea poziției corecte a ipotenuzei, spre  
a nu se introduce efectul piramidității.

După polisare, prismele se deblochează, se cu-  
răță de ipsos, după care se face verificarea unghiur-  
rilor. În cazul unor rezultate satisfăcătoare, supra-  
fața inițială se mătuiește și se execută teșirea mu-  
chiilor și colțurilor. Apoi piesele se degresează



și intră în circuitul normal: argintare, lipire, vopsire etc.

### 15.5. Prelucrarea calibrelor optice

Calibrele optice sînt mijloace de verificare a pieselor optice la rază sau planitate.

Ele se execută de o deosebită precizie ( $N=0,1-0,2$ ) și au o suprafață perfect regulată.

Executarea calibrelor cu suprafață sferică este de regulă reglementată în fiecare întreprindere optică, în ceea ce privește tipurile, dimensiunile și clasele de precizie. În mod curent ele se împart în:

- calibre etalon;
- calibre de control;
- calibre de lucru.

Întrucît prelucrarea calibrelor de lucru și de control se reduce la prelucrarea unor piese cu precizie ridicată de execuție a razei de curbură, în cele ce urmează se vor da unele indicații privind prelucrarea calibrelor etalon.

La executarea calibrelor etalon, operațiile de debitare, degroșare și șlefuire brută, decurg în mod normal. Particularitățile apar la operațiile de șlefuire medie și fină și polisare.

Potrivit formei lor, se disting două variante: prelucrarea calibrelor semisferice și prelucrarea calibrelor sub formă de calotă sferică.

Trebuie precizat de la început că executarea etaloanelor se face pe perechi, din necesitatea verificării atît a razei cît și regularității suprafeței.



Prelucrarea începe prin polisarea suprafeței plane a calibrelor, blocate în ipsos, pentru a se permite observarea locului de contact la prelucrarea suprafețelor sferice.

Calibrele semisferice se execută, de regulă, pînă la raza de 35-37 mm. Prelucrarea lor începe cu șlefuirea părții convexe a calibrului. Precizia de execuție se verifică cu pasametrul și este de ordinul a 0,002 - 0,006 mm la măsurarea diametrului. Paralel cu execuția părții convexe, se prelucurează și partea concavă a calibrului, menținîndu-se în permanență apropiat de dimensiunea părții convexe. Cînd se ajunge la prelucrarea părții convexe la o cotă cu circa 0,001 mm mai mare decît cota finală, prelucrarea acesteia se oprește și se procedează la șlefuirea și polisarea părții concave, după partea convexă executată. Se păstrează rezerva de 0,001 mm pentru regularizarea suprafețelor celor două părți ale calibrului, pînă ce acestea prin suprapunere, dau o culoare uniformă galben pai. Aceasta reprezintă atingerea preciziei de prelucrare a razei.

Calibrele sub formă de calotă sferică se execută, de asemenea, pe perechi.

Șlefuirea brută se execută după șablon, lăsîndu-se o tendință de concav potrivit principiului cunoscut.

Pentru executarea precisă a razei de curbură, se utilizează sferometrul, pentru măsurarea săgeții date de curbură, la un diametru dat al inelului pe care se lucrează.



Dacă mărimea săgeții nu a fost indicată pe desen, ea se poate calcula cu relația :

$$h_{i,e} = R - \sqrt{R^2 - \frac{D_{i,e}^2}{4}}$$

în care :  $h_{i,e}$  este înălțimea măsurată la sprijinirea calibrului pe diametrul exterior sau interior al inelului, după cum se verifică partea concavă sau convexă a calibrului;

$R$  - raza de curbură a calibrului.

$D_{i,e}$  - diametrul interior sau exterior al inelului, indicat cu precizia  $1 \times 10^{-5}$  mm.

Reciproc, la o săgeată măsurată, pentru a vedea diferența față de raza de realizat, se poate calcula raza suprafeței la un moment dat, cu relația:

$$R = \frac{D_{i,e}^2}{8 h_{i,e}} + \frac{h_{i,e}}{2}$$

Notățiile sînt aceleași cu cele folosite anterior.

Șlefuirea părții convexe se face paralel cu cea a părții concave, se măsoară periodic, se verifică prin suprapunere (cu aburire) și se corectează prin șlefuire în sensul determinat de valoarea măsurată a săgeții, raportată la valoarea ei de calcul.

În permanență se menține tendința de concav la suprapunerea celor două părți ale calibrului. Cînd se ajunge la valoarea nominală a săgeții, păstrîndu-se de asemenea 0,001 mm ca rezervă, regularizarea suprafețelor și obținerea contactului se realizează numai prin polisare. Cînd se obține prin suprapunere culoarea de contact, galben pai, prelucrarea calibrelor se poate considera încheiată.



Prelucrarea calibrelor se execută în încăperi prevăzute cu climatizare, temperatura menținându-se  $20^{\circ}\text{C}$ . După suprapunere, calibrele se lasă să se omogenizeze, verificându-se în ziua următoare.

Executarea calibrelor plane este și mai laborioasă. Informativ, se poate spune că pentru prelucrare se folosesc trei calibre identice, ce se prelucrauă și se suprapun succesiv, corectându-se abaterile constatate, pînă ce se obține o culoare corectă indiferent care pereche, formată din cele trei bucăți existente, se află în suprapunere. Verificarea planității se poate face și cu interferometrul.



## Capitolul 16

### PRELUCRAREA STICLEI OPTICE CU SCULE DIN DIAMANT SINTERIZAT

#### 16.1. Scule din diamant

Sculele din diamant (diamantele) constau dintr-un corp metalic, pe care sînt fixate, prin intermediul unui liant, granulele aşchiitoare ale pulberilor de diamant natural sau sintetic.

Caracteristica cea mai importantă a sculelor diamantate, care determină capacitatea de aşchiere a acestora, productivitatea la prelucrare şi durata de funcţionare, este concentraţia diamantului în stratul depus pe suportul metalic. Concentraţia arată cantitatea de diamante în grame (respectiv în carate) raportată la unitatea de volum a liantului. Concentraţia se exprimă în carate pe  $\text{cm}^3$  (tabelul 16.1).

Tabelul 16.1

#### CONCENTRAŢIA SCULELOR ÎN DIAMANTE

Concentraţie (simbol)	Carate/ $\text{cm}^3$	Concentraţie (simbol)	Carate $\text{cm}^3$
15	0,66	100	4,40
25	1,10	125	5,50
30	1,32	150	6,60
50	2,20	175	7,70
75	3,30	200	8,80

Notă: 1 carat = 0,205 g.



Sculele cu diamant se obțin prin sinterizare, folosind lianți ceramici, metalici, sintetici și în ultimul timp material plastic (tabelul 16.2). Duritatea liantului poate fi tare (h), mijlocie (m) și moale (w).

Tabelul 16.2

LIANȚI ÎNTREBUINȚAȚI LA FABRICAREA SCULELOR  
CU DIAMANT

Liantul folosit	Simbol	Domenii de utilizare
Metalic (oțel)	St. (M)	Degroșare cu răcire
Bronz	Bz	Semifinisare și finisare
Bronz poros	BzP	Prelucrări plane
Material plastic	K	Finisare
Ceramic	V	Rectificări interioare
Electrolitic	S	Pentru materiale casante
Bronz special	SL	Prelucrări la temperaturi înalte
Carbură de wolfram	HM	Prelucrări de finisare
Bachelită	R	Materiale dure

Modul de alegere a liantului este în funcție de felul prelucrării, de regimul de lucru și modul de răcire.

Pentru prelucrarea sticlei optice se utilizează scule cu diamant având ca liant bronzul (Bz) și bronzul special (SL), care asigură o bună rezistență și aderență față de granulele de diamant.

Sculele cu diamant se pot confecționa în diferite granulații (aproape toată gama granulațiilor normale). În tabelul 16.3 sînt indicate granulațiile utilizate, echivalența de notare și domeniul de utilizare.



Tabelul 16.3

## GRANULAȚIA SCULELOR CU DIAMANT

Rugozitatea suprafeței prelucrate $\mu\text{m}$	Granulația $\mu\text{m}$	DIN 848 RFG	USA-ASTM, STANDARD Mărimea sitei	BS 410/43 Anglia, Mărimea sitei	Destinația
Până la 1,5	0,5-1 1 - 2 2 - 5	D0,7 D1 D3	-	3000	Finisare supe- rioară
1,5-3	5-10 8-25	D7 D 15	- 400	2000-2500 750-1000	Lepuire Finisare fină
3-10	20-40 40-60	D 30 D 50	325/400 230/325	500-600 240-300	Finisare
10-25	60-80 80-120	D 70 D 100	200/230 140/170	200/240 150/170	Șlefuire brută
25	120-200	D 150	100/120 80/100	100/120 85/100	Degroșare
Peste 25	140-280	D 200	60/100	60/100	



## 16.2. Confecționarea sculelor cu diamant

Sculele cu diamant se pot executa prin una din următoarele metode: metalurgia pulberilor; galvanostegie; depunerea pastei diamantate prin vâlțuire cu role în renuri.

Executarea sculelor diamantate prin metoda metalurgiei pulberilor constă în depunerea pe suprafața de lucru a corpului metalic a unui strat de liant amestecat cu pulbere de diamant prin presare-sinterizare. Grosimea acestui strat nu depășește 3-5 mm.

Liantul se prepară din pulberi metalice afinate. Compoziția liantului M1, de exemplu, este următoarea: 80% cupru și 20% staniu; a liantului MJ este 5% fier, 32% cupru, 8% staniu și 9% nichel.

Pentru o bună aderență a amestecului liant-pulbere de diamant cu corpul metalic al sculei, acesta se degresează și se cuprează (se arămește) în prealabil. Presarea amestecului pe corpul metalic se face în forme de presare din oțel rezistent la temperaturi înalte (fig. 16.1) În forma 1 se introduce corpul metalic al sculei 2,

iar în interiorul acestuia - bucșa 3. În prealabil pe suprafața bucșei 3 a poansonului 4 și a formei 1, se presară praf de grafit, pentru a se proteja împotriva aderenței pulberilor metalice. Se introduce amestecul 5 în formă și se presează cu

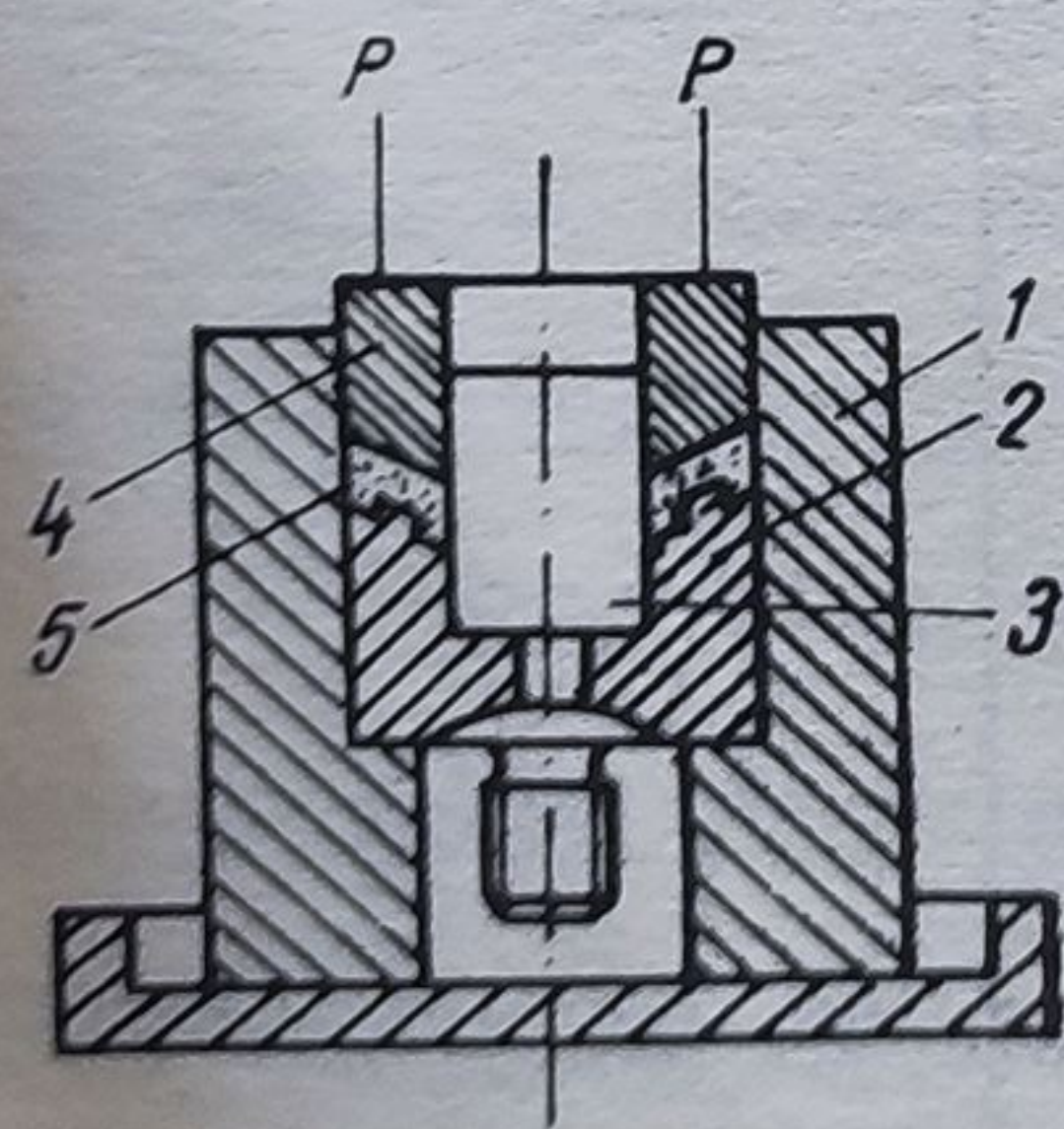


Fig. 16.1. Formă de presare pentru execuția sculelor diamantate prin metoda metalurgiei pulberilor:

1-matrită; 2-corpul sculei; 3-bucșă; 4-poanson; 5-amestec abraziv-liant.



poansonul 4, cu o presiune de  $P = 17 \cdot 10^7 \text{ N/m}^2$ . După presare se efectuează o sinterizare la temperatura de  $800-860^\circ\text{C}$ , în timp de o oră și apoi o presare suplimentară pentru asigurarea densității și grosimii prescrise a stratului de diamant.

Executarea sculelor diamantate prin metoda galvanostegiei constă în depunerea pe corpul de oțel al sculei a unui strat de nichel, care conține pulbere de diamant. În prealabil, corpul sculei este supus operațiilor aplicate în mod obișnuit pieselor care sînt acoperite galvanic, ca: degresarea, decaparea, spălarea, urmate de o nichelare preliminară. În electrolitul de nichel se găsește, în suspensie pulbere de diamant. La depunerea nichelului, granulele de diamant se fixează pe suprafața corpului sculei. Densitatea de curent și timpul de menținere se aleg în funcție de granulația pulberii de diamant.

O altă metodă este executarea sculelor diamantate prin depunerea, prin vâlțuire cu role, pe suprafața cu renuri a corpului sculei a unei paste compuse din vaselină, pulbere de diamant și cupru avînd granule de aceleași dimensiuni. Renurarea (zimțarea) suprafeței de lucru a corpului se execută cu un cuțit profilat. Pentru executarea unui disc de fierăstrău, de exemplu, cu diametrul de 400 mm și grosimea de 1,5-2 mm prin această metodă se consumă cca 0,3-0,42 g de pulbere de diamant cu o granulație de 200/160 (fig.16.2).

Recuperarea granulelor de diamant din renurile sculei, după uzura totală a acesteia se face prin așchierea stratului de metal care conține granule de diamant și regenerarea pulberii din așchiile obținute, prin tratarea acestora cu acid azotic.

Sculele diamantate realizate prin această metodă se utilizează în producția de unicate.

Pentru lucrări ca găurire, retezare, executare de diviziuni se utilizează scule diamantate cu monocristale. Fixarea cristalelor



de diamant sintetic în suportul sculei se face prin metode mecanice sau prin lipire. Montarea monocristalului de diamant în suport se realizează astfel încât fețele cristalului să nu fie paralele cu direcția forțelor care acționează asupra sa în timpul lucrului (fig. 16.3). Cristalul este bine fixat când strângerea se face pe o lungime de cca 3-4 ori mai mare decât vârful rămas în afara suportului.

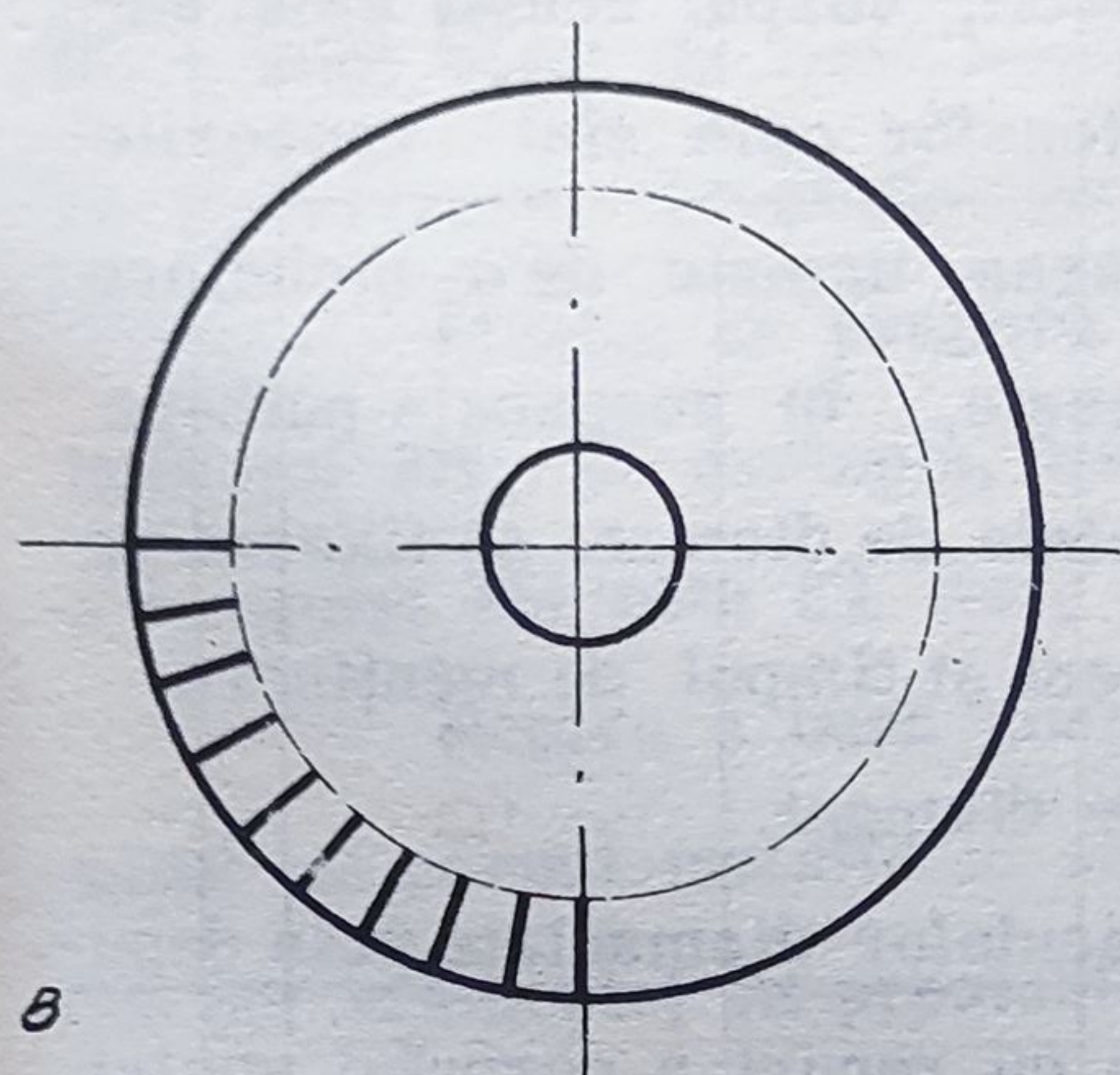


Fig. 16.2. Disc zimțat.

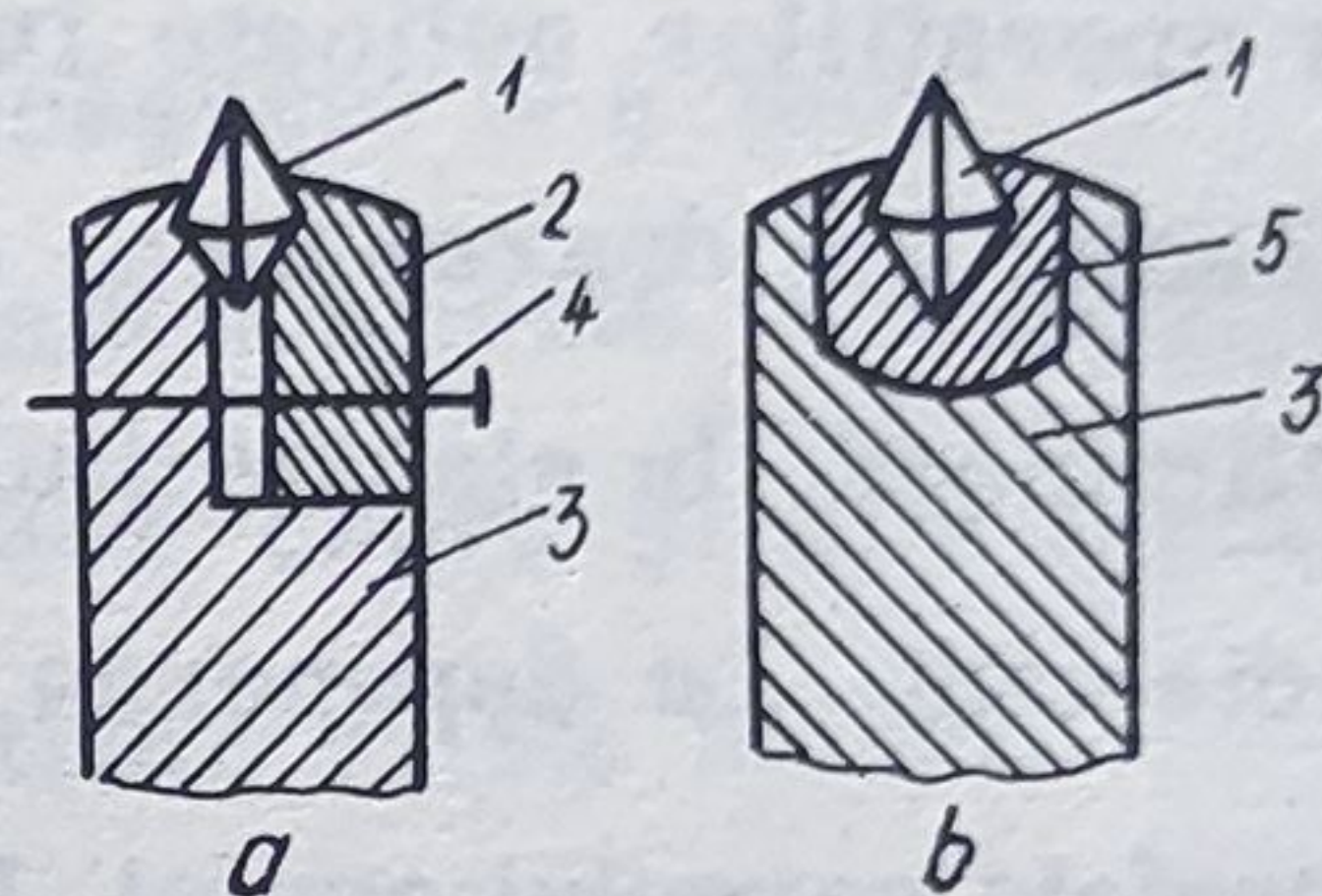


Fig. 16.3. Scule diamantate cu monocristale;  
a-cu prindere mecanică; b-lipite; 1-cristalul de diamant; 2-placă; 3-corp; 4-șurub; 5-material de lipit.

În cazul fixării mecanice, diamantul 1 (fig. 16,3, a) este strâns între plăcile metalice 2 și 3, una dintre acestea făcând corp comun cu suportul sculei. Strângerea se realizează cu ajutorul șurubului 4.

Fixarea prin lipire se realizează astfel: se introduce diamantul 1 (fig. 16.3, b) într-un locaș, executat în suportul sculei 3, împreună cu materialul de lipit 5, amestecat cu un flux pentru dezoxidare; se încălzește local corpul până la temperatura de topire a materialului de lipit, după care se răcește încet.



Prin această metodă se execută: scule pentru debitarea manuală sau pe mașină a sticlei, utilizând un cristal de diamant în formă de piramidă patrulateră, cu unghiul între muchii de  $130^{\circ}$ ; cuțite diamantate pentru executarea diviziunilor; burghie diamantate etc.

### 16.3. Formele, dimensiunile și destinația sculelor

Forma sculelor cu diamant este în funcție de mașina la care se întrebuințează, felul prelucrării și condițiile impuse de piesa optică ce se prelucurează. Sculele cu diamant, în general, sînt compuse din trei părți principale:

- partea așchietoare, care conține granulele de diamant sinterizat și liantul;
- corpul sculei, care se execută din diferite materiale (oțel dural) ce trebuie să prezinte calitatea unei bune aderențe față de granule și rezistență în timpul prelucrării;
- partea de fixare a sculei pe axul portsculă a mașinii-unelte.

Precizia de execuție a părții de fixare a sculei trebuie să fie foarte mare deoarece nu se admite bătaia radială sau axială a sculei.

Se deosebesc tipurile de scule cu diamant indicate în tabelul 16.4 și figurile 16.4...16.19.

După domeniul de întrebuințare a sculelor cu diamant, forma și dimensiunea lor, se stabilesc condițiile tehnice și regimul de lucru.

Tipurile de scule cu diamant I (fig. 16.4) și II (fig. 16.5) sînt întrebuințate la debitarea sticlei.

Discul de tipul I este prevăzut cu dinți care asigură o răcire bună a acestuia și o bună productivitate. Pentru reducerea consumului de sticlă discul se execută cu grosimea de 1,5 mm.



## FORMA ȘI DIMENSIUNILE SCULELOR CU DIAMANT

Tip/Figură	Dimensiuni mm					Granu- lație DIN 848	Con- centra- ția	Li- ant	Mate- ri- alul supor- tului	Desti- nație
	1	2	3	4	5					
0						6	7	8	9	10
I/16.4	D	A	Y	e	g	D 100	A 100	M	oțel	Debitare
	350- 400	20- 40	5- 10	1,3- 2,5	0,8- 2					
II/16.5	50- 250	10- 20	5- 10	0,6- 1,5	0,4- 1,1	D 100- 120	A 75- A 100	M (Bz)	oțel sau dural	Frezare plană și rotunjire
	D	L	r	J	A					
III/16.6	60- 280	60- 95	2- 2,5	4- 10	35- 45	D 100	A 100			
	55- 123	60	2,5	5- 10	15,5- 23					
V/16.8	12- 90	60	2- 3	5- 10		D 100	A 100	M (Bz)	oțel	Frezare la raze
VI/16.9	6- 62	15- 25	1- 3	5- 10		D 100	A 100	M (Bz)	oțel sau dural	
VII/16.10	D	L	d	H	y	D 120	A 100	M (Bz)	oțel	Decupare
	6- 100	H+ 35	4- 97	80- 120	5					



Tabelul 16.4 (continuare)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VIII/16.11	10-50	80	2-28	48	1	D 100	A 100	M (Bz)	oțel	Găurire
IX/16.12	D	H	y	A						
	50-200	6-20	5-10	10-40		D 100-120	A 75-100	M, (Bz)	dural sau oțel	Frezare asferică și rotunjire
X/16.13	D	d	y	H	A					
	100-160	65-105	1-2	4-20	20 30	D 30-50	A 50-75	M (Bz)	oțel	Centrare
XI/16.14	D	d	L	y	$\alpha$					
	102-162	65-105	4-10	1-2	30° 45° 60°	D 30-50	A 50-75	M (Bz)	oțel	Fațetare
XII/16.15	D	r	y	A	H					
	16	1	3	5	10	D 100-120	A 75	M (Bz)	oțel	Frezarea canalelor de control
XIII/16.16	D	H	$\phi$	y	A					
	50-150	4-5	30° 45° 60° 90°	2-4	10-20	D 100-120	A 100	M	oțel	Frezarea canalelor unghiulare



Tabelul 16.4 (continuare)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	D	D <sub>1</sub>	$\alpha$	H	h		A 100 200	M (Bz)	oțel	Centrare, fațetare
XIV/16.17	150- 160	152- 162	30° 45° 60°	20	5	D 30- 50				
	D	H	L	y	A					
XV/16.18	75- 250	23 24	10	2- 4	20	D 100	100	M (Bz)	oțel	Rotunjire și suprafețe plane
	D	H								
XVI/16.19	4 6 8 10	2 2 2 3				D5-10 D10-15 D20-25	45	M (Bz)	-	Lepuire plană și la rază



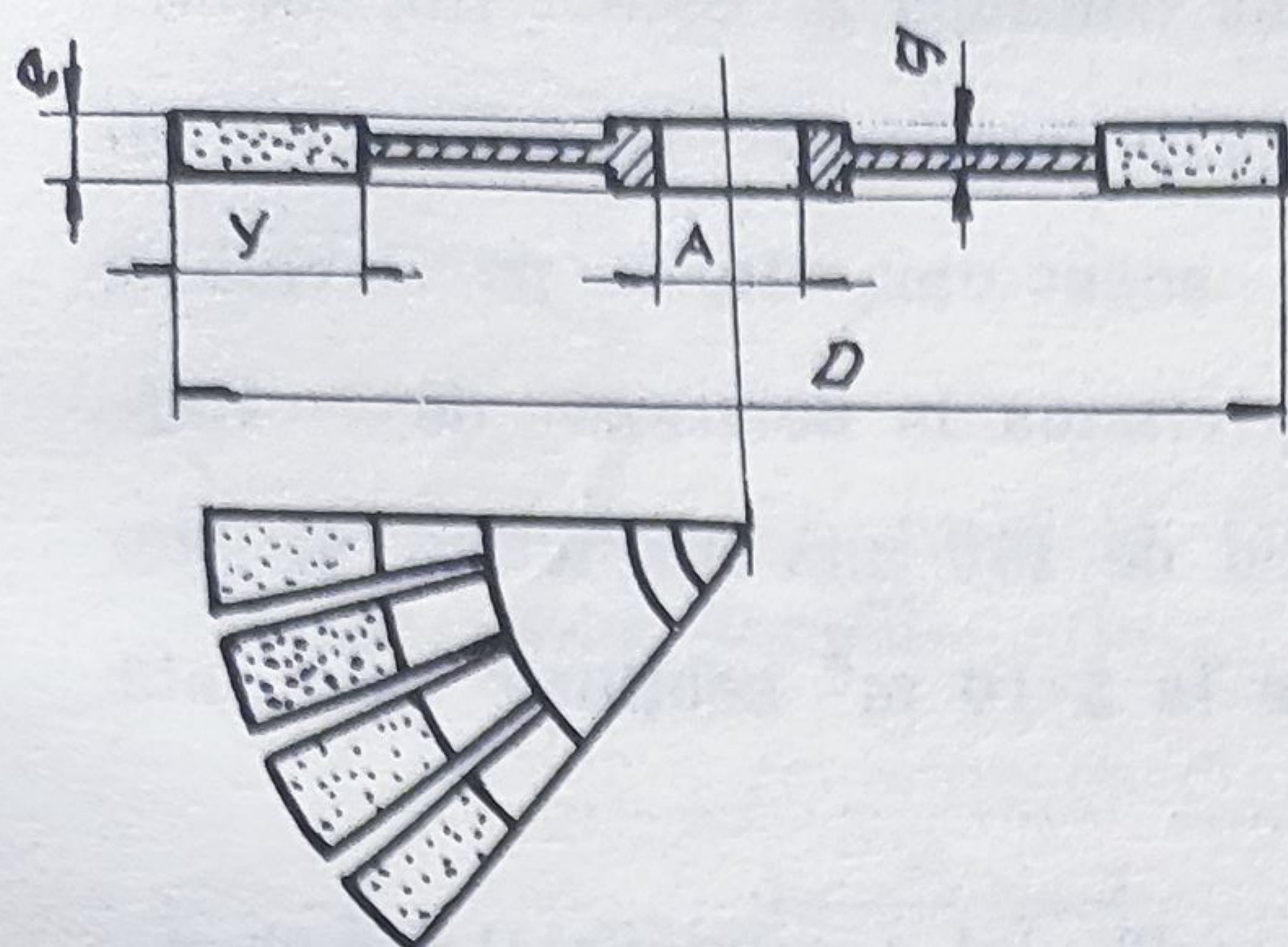


Fig. 16.4. Disc cu diamant cu coroană dințată (tip I).

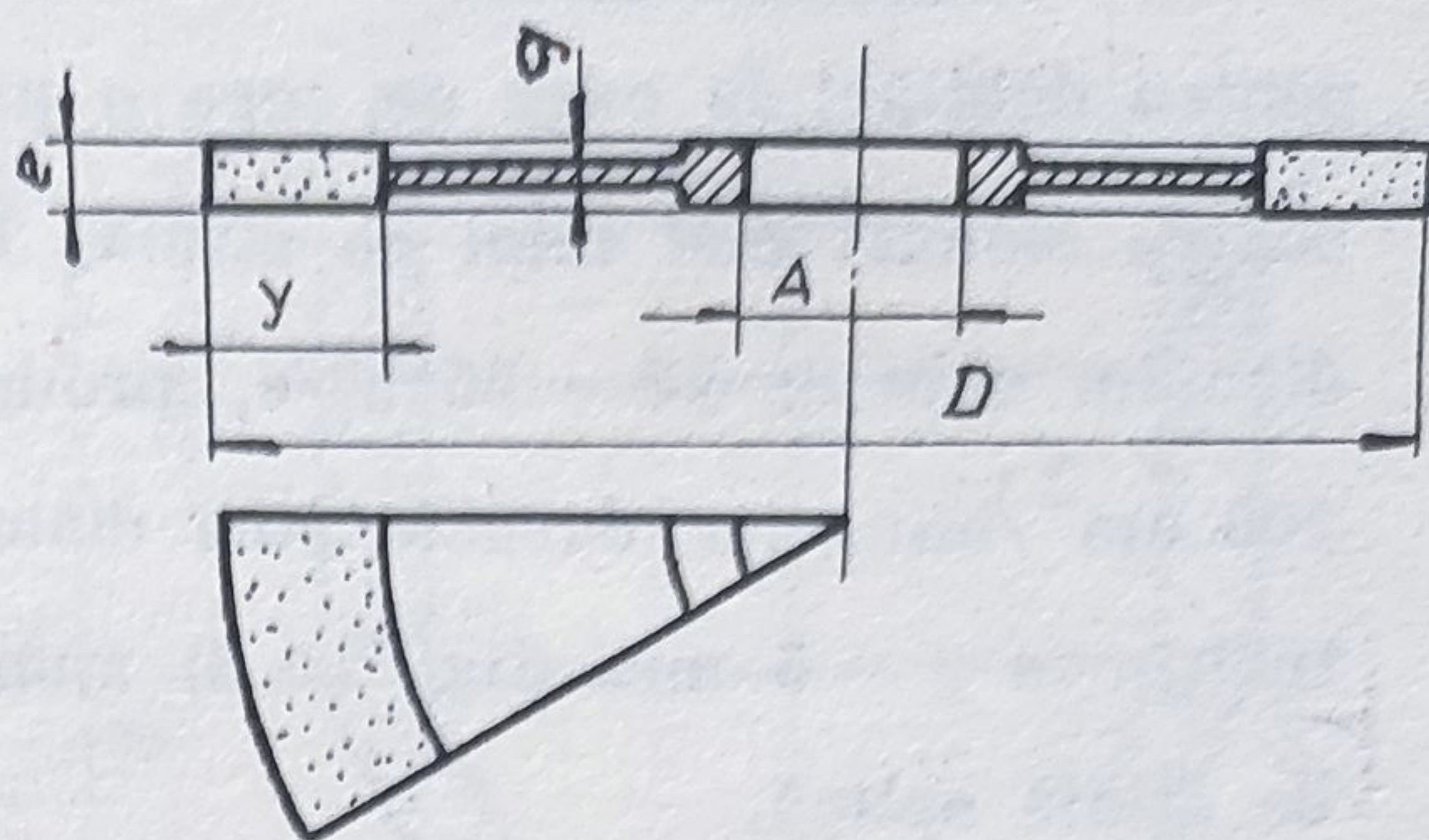


Fig. 16.5. Disc cu diamant cu coroană continuă (tip II).

Viteza periferică a discului la debitare trebuie să fie cuprinsă între 25 - 27 m/s. În consecință turația  $n$  va trebui să rezulte din relația:

$$n = \frac{1\,000 \times 60 \, v}{\pi \cdot D} = \frac{1\,910,8 \, v}{D}$$

în care:

$v$  este viteza periferică a discului, în m/s;

$D$  - diametrul discului, în mm.

De exemplu, pentru discul cu diametrul de 400 mm, turația trebuie să fie cuprinsă între 1194 și 1290 rot/min.

Productivitatea la debitare este de 30 - 100 cm<sup>2</sup>/min, în funcție de viteza de avans transversală a discului.

În timpul debitării este necesară o răcire abundantă cu ulei emulsionabil. Pentru protejarea discului, se recomandă ca diametrul flanșelor de prindere să fie cuprins între 1/4-1/10 din diametrul discului. Se admite o deformare maximă de planitate a discului de 1/2000 din diametrul acestuia, iar bătaia radială maximă 5/100 mm.



Discul de tipul II are coroana continuă și este întrebuințat pentru debitări la care se cere o precizie mai mare la debitare și pentru blocuri mai mici de sticlă. În acest caz, viteza periferică a discului este de 20 - 25 m/s, productivitatea la debitare de 150-200 cm<sup>2</sup>/min, iar durabilitatea discului de 150 mm diametru și cu înălțimea  $y = 5$  mm (fig. 16.5) ajunge la 5-10 m<sup>2</sup> secțiune debitată de sticlă optică.

Ca lichid de răcire se recomandă ulei emulsionabil din abundență, filtrat și bine dirijat pe suprafața discului.

Se admite o bătaie radială maximă de 0,02 mm iar neparalelismul tolei de tablă de maximum 0,1 mm la 150 mm diametru.

Tipurile III, IV, V și VI de scule cu diamant sînt întrebuințate pentru frezări plane și la rază. Diametrul sculei se alege, de obicei, mai mare cu 25% decît jumătate din diametrul suprafeței prelucrate.

Pentru prelucrările de degroșare se recomandă o granulație D 100 - 120 și o concentrație de 80-100; așa de exemplu, pentru frezarea unei lentile cu diametrul de 54 mm se recomandă o freză cu diametrul mediu de 39 mm, granulația D 100-120 și concentrația 80, care permite prelucrarea unui adaos de sticlă de 1 mm în timp de 12 s.

În mod obișnuit se folosesc freze avînd ca liant bronzul. În cazul cînd presiunile între sculă și piesă sînt mari se folosesc freze avînd ca liant oțelul.

Partea de prindere a sculei cu diamant se schimbă în funcție de forma mașinii și felul în care este executat arborele portsculă.

Nu se permite să existe o bătaie axială a sculei cu diamant mai mare de 0,002 mm, lucru care necesită o execuție foarte corectă



Fig. 16.6. Freză frontală tip oală (tip III).

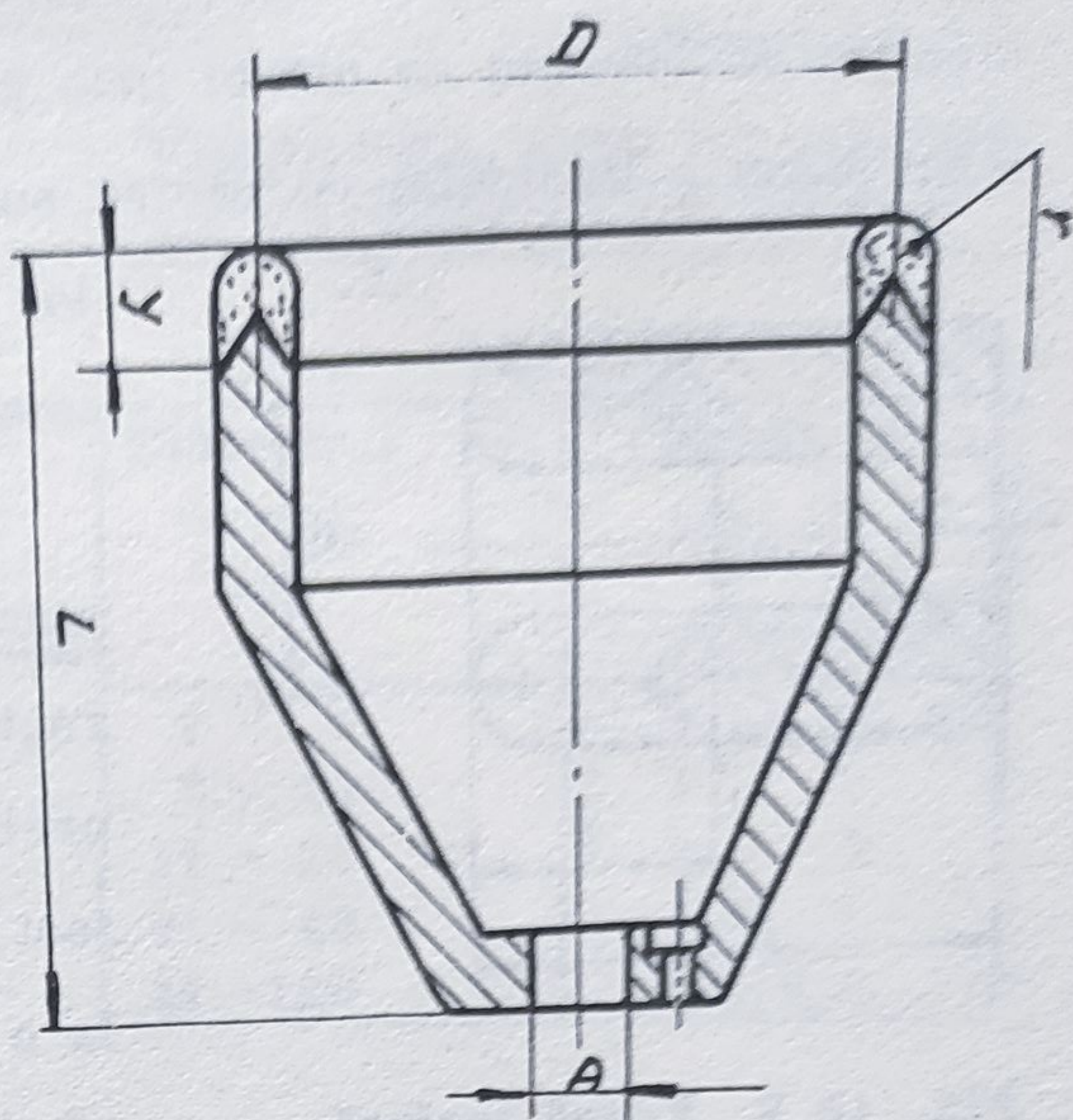
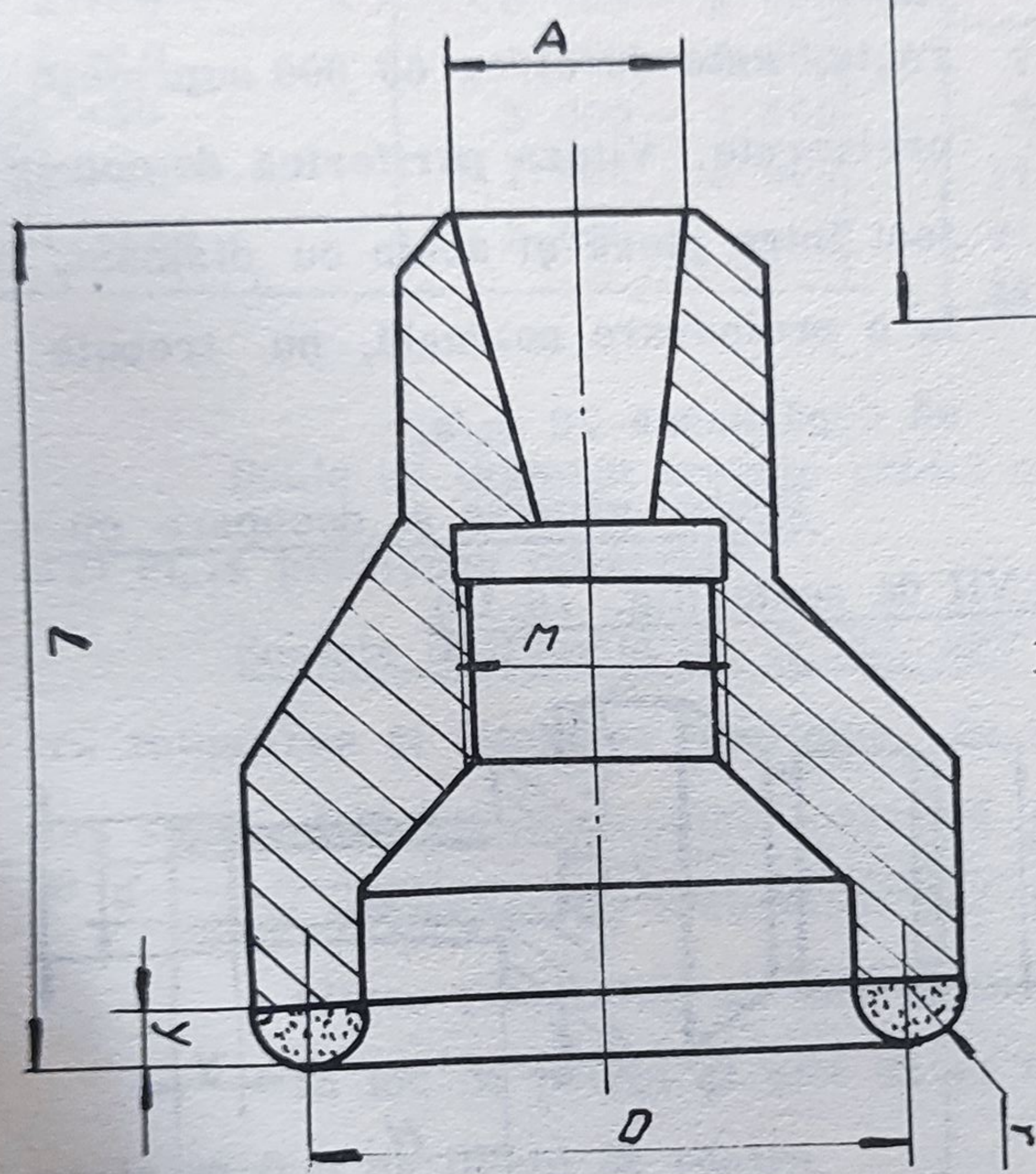


Fig. 16.7. Freză tubulară tronconică T (tip IV).

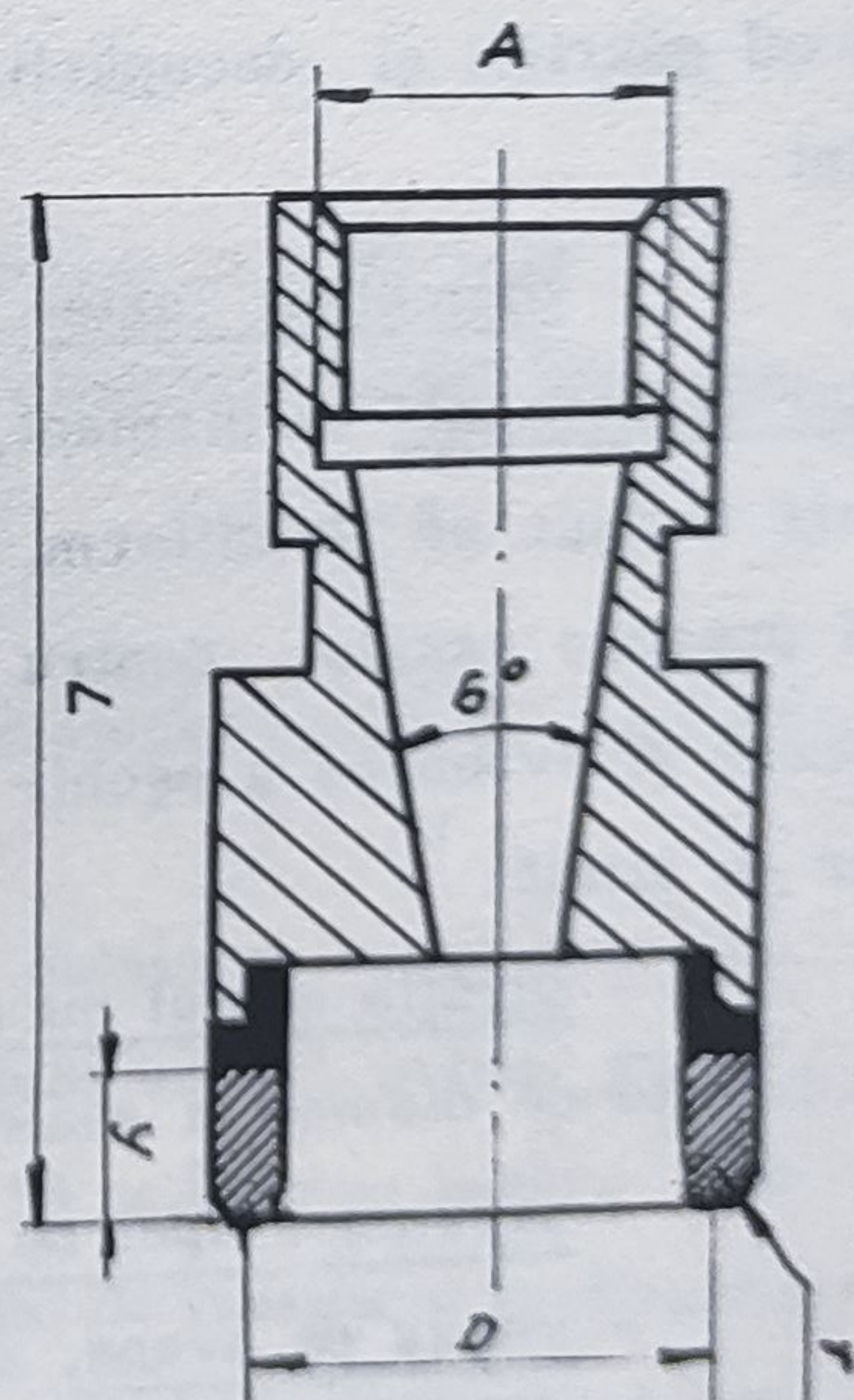


Fig. 16.8. Freză tubulară (tip V).



a părții de prindere a sculei cu diamant pe arborele mașinii. Scula cu diamant se răcește de obicei prin centru și este necesar a se asigura o presiune a lichidului de răcire suficientă pentru îndepărtarea așchiilor din sticlă și pentru respectarea temperaturii de lucru convenabile.

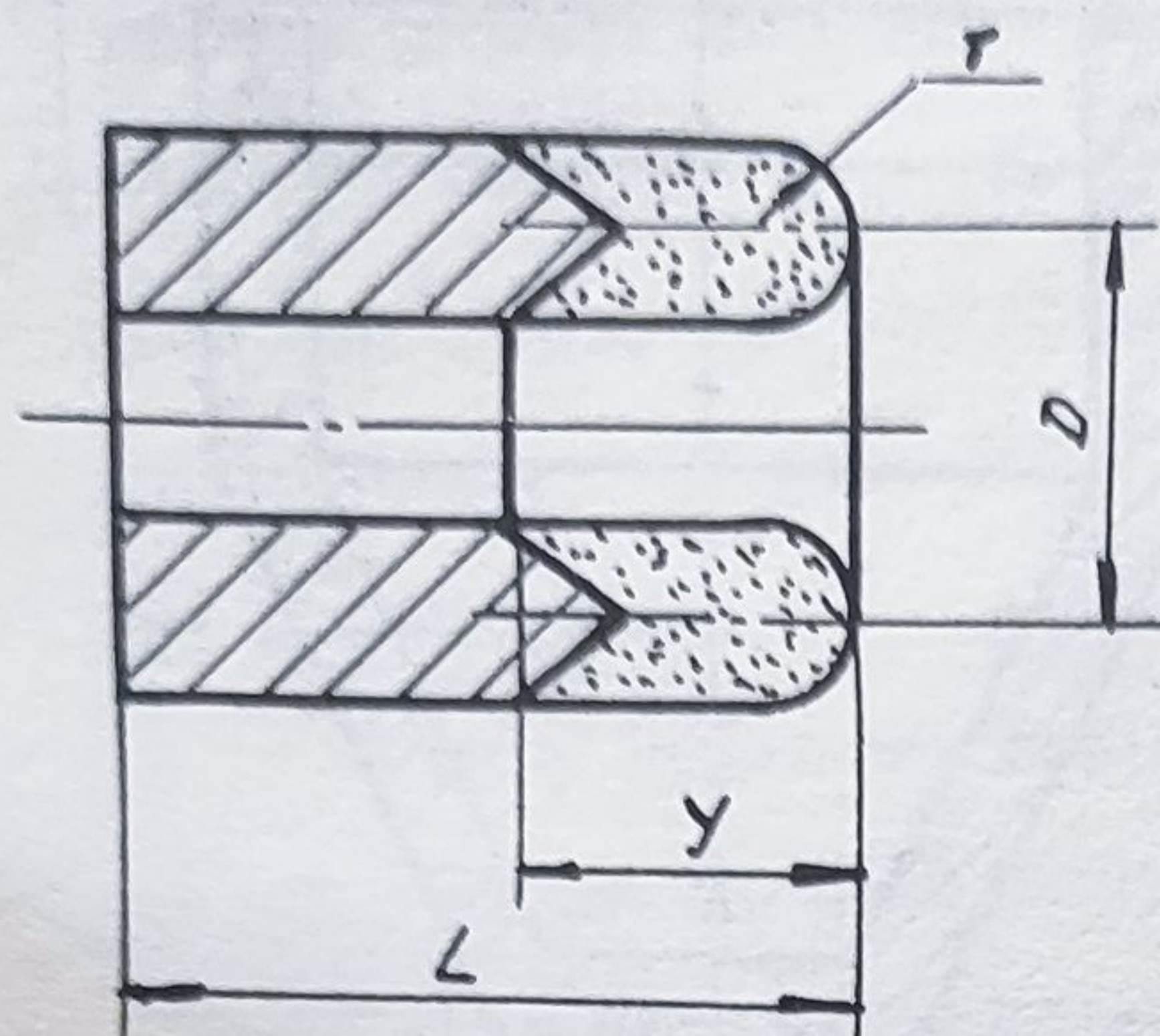


Fig. 16.9. Freză inelară (tip VI).

lor din sticlă și pentru respectarea temperaturii de lucru convenabile.

Durabilitatea unei scule cu diamant, în condițiile unei prelucrări corecte, este de circa 60 000 suprafețe prelucrate. Viteza periferică de contact între piesă și scula cu diamant, la o prelucrare normală, nu trebuie să depășească 20 m/s.

Pentru găurire și decupare cu pastile se întrebuintează tipul VII de scule (fig. 16.10).

Factorii care influențează prelucrarea în cazul găuririi și decupării sînt:

- diametrul exterior al coroanei cu diamant, care trebuie să fie uniform, să prezinte canale pentru răcire și evacuare a așchiilor de sticlă;

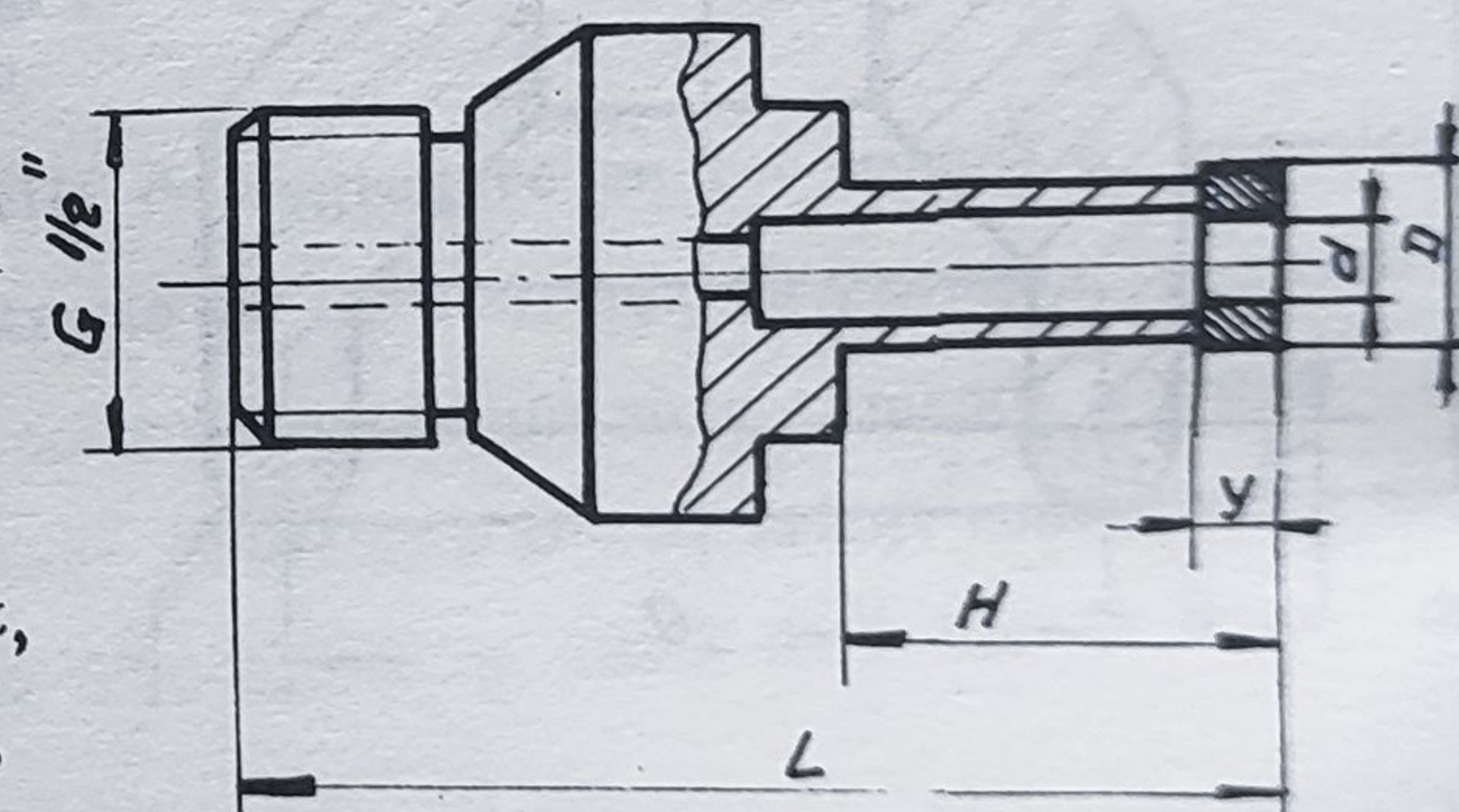


Fig. 16.10. Sculă de găurit tubulară (tip VII).

- turația sculei cu diamant, care se recomandă a fi aleasă în funcție de diametrul sculei (tabelul 16.5);

- presiunea apei de răcire (tabelul 16.6);

- viteza de avans, care nu trebuie să depășească 4 cm/min.



Tabelul 16.5

TURĂȚILE RECOMANDATE PENTRU SCULELE CU DIAMANT DE TIPUL VII

Diametrul, mm	Turația, rot/min
2 - 5	6 000 - 8 000
6 - 10	4 500 - 6 000
11 - 20	3 000 - 4 500
21 - 40	1 500 - 3 000
41 - 120	1 000

Tabelul 16.6

PRESIUNEA APEI DE RĂCIRE LA GĂURIRE ȘI DECUPARE

Diametrul sculei, mm	Presiunea apei de ră- cire, daN/cm <sup>2</sup>
2 - 5	3 - 5
6 - 10	2 - 3
11 - 20	1 - 2
21 - 40	0,5 - 1
41 - 120	0,2 - 0,5

Scula cu diamant trebuie răcită cu ulei emulsionabil, prin centrul ei, la presiunea prescrisă.

Sculele de tipurile IX, X, XI, XIV și XV se întrebuintează pentru rotunjirea și fațetarea lentilelor. La aceste prelucrări este necesar să se utilizeze o presiune constantă.

De asemenea se recomandă ca:

- viteza periferică să fie cuprinsă între 20 - 25 m/s;
- în loc de petrol și ulei să se întrebuinteze uleiul de mecanisme fine ca lichid de răcire.
- concentrația de 40-75;
- presiunea de lucru la sculele cu diamant cu liant metalic (bronz) să nu depășească 1,5 daN/cm<sup>2</sup>;
- scula cu diamant să se corecteze direct pe mașină cu ajutorul unei pietre abrazive cu carbură de siliciu verde, având granulația de 60-120  $\mu\text{m}$  și viteza periferică de 20 m/s, sau pentru cele care se impun condiții foarte precise, pe mașini de rectificat cu disc din carbură de siliciu verde, având granulația 80-100  $\mu\text{m}$ , duritatea A, ro-



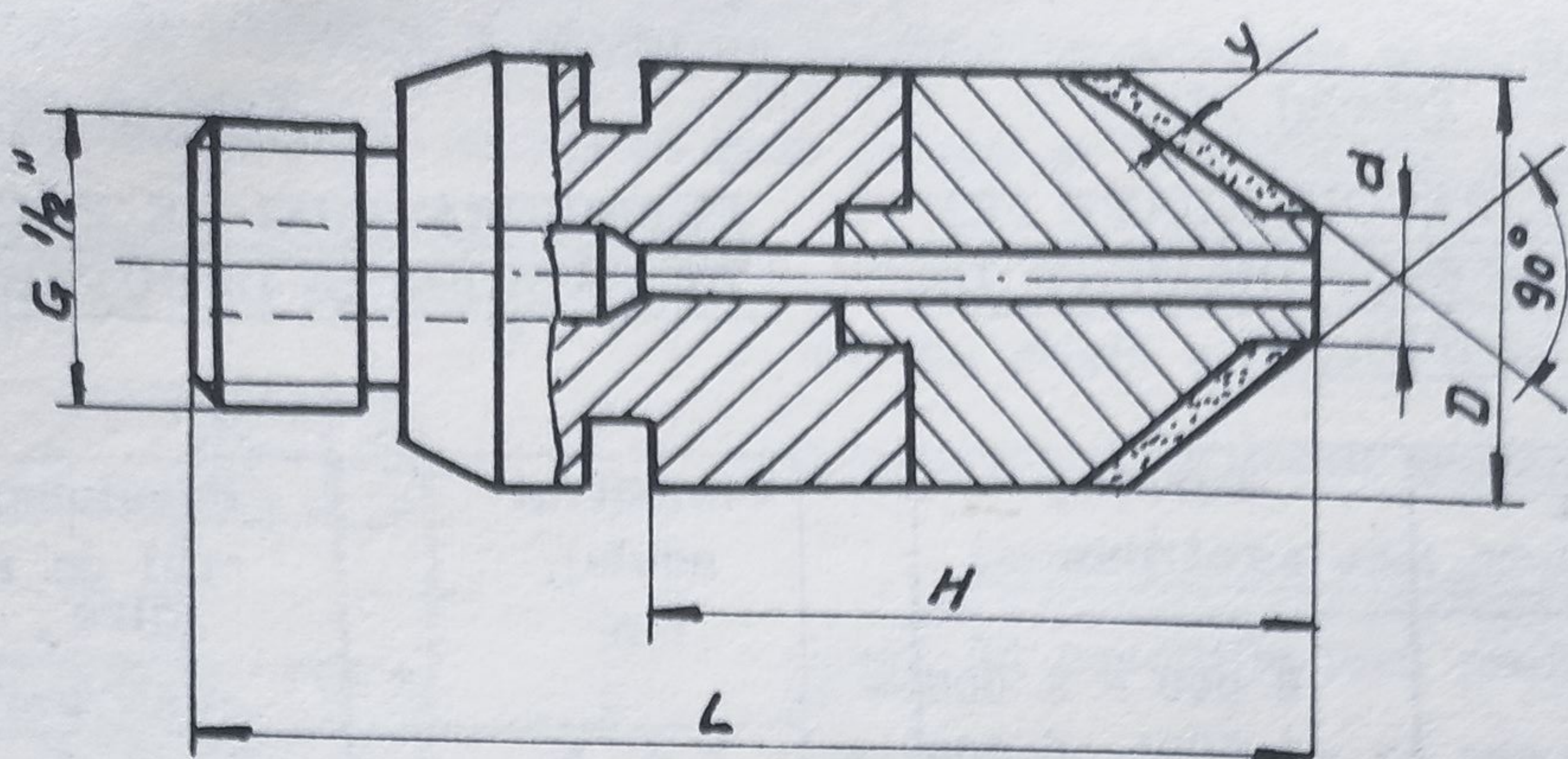


Fig. 16.11. Sculă de teșit interior (tip. VIII).

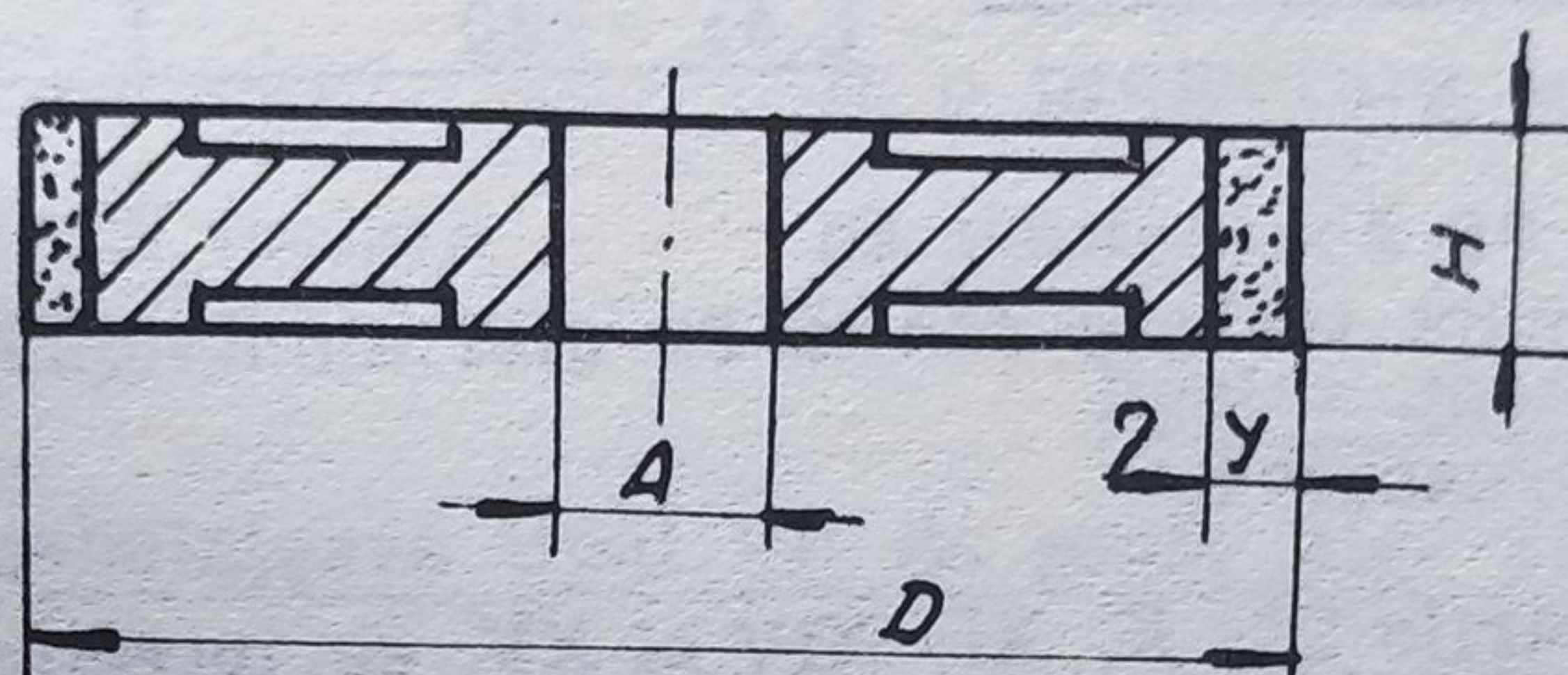


Fig. 16.12. Disc pentru rotunjire (tip IX).

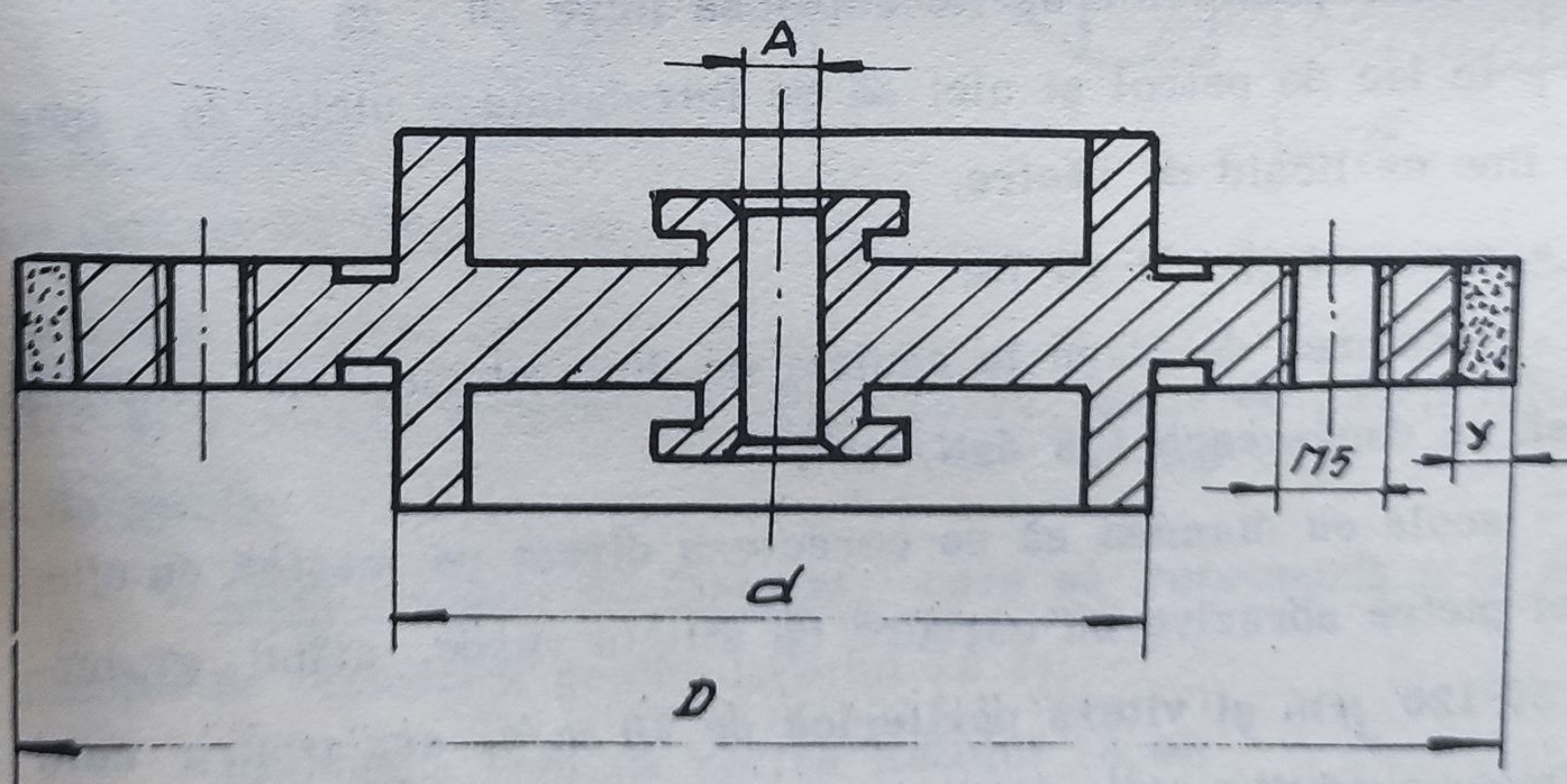


Fig. 16.13. Disc cilindric pentru centrare (tip X).



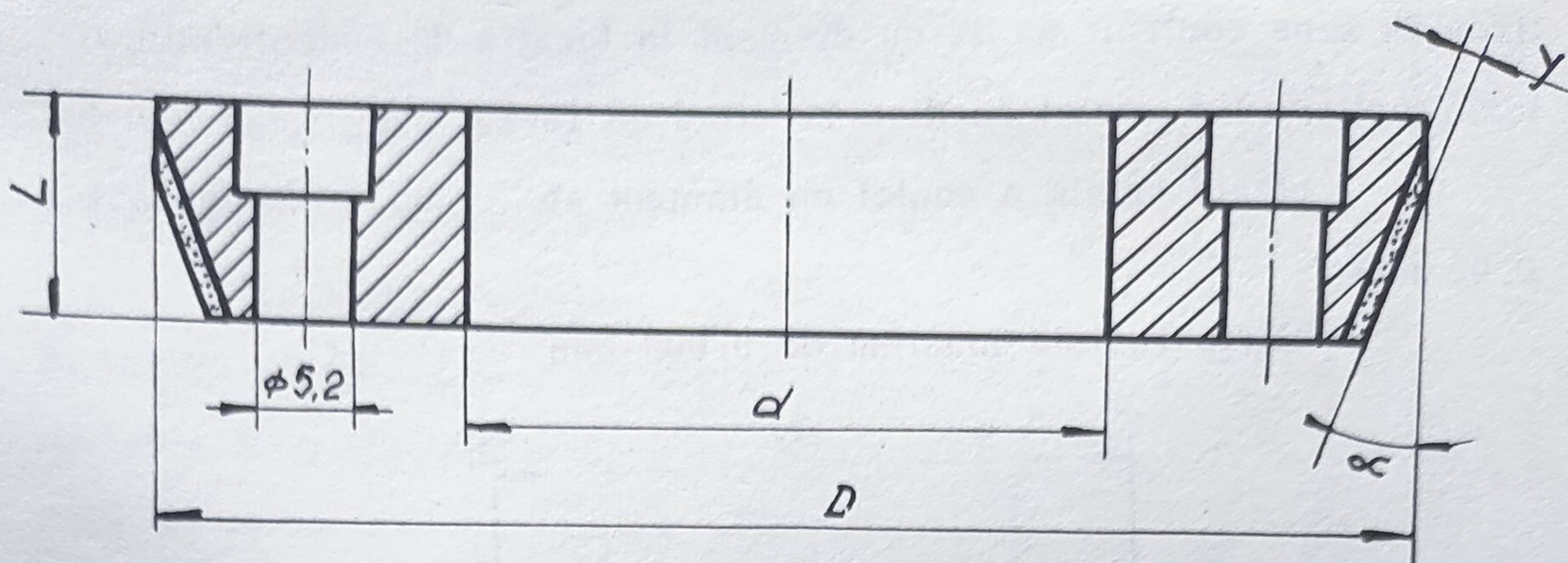


Fig. 16.14. Disc pentru fațetare (tip XI).

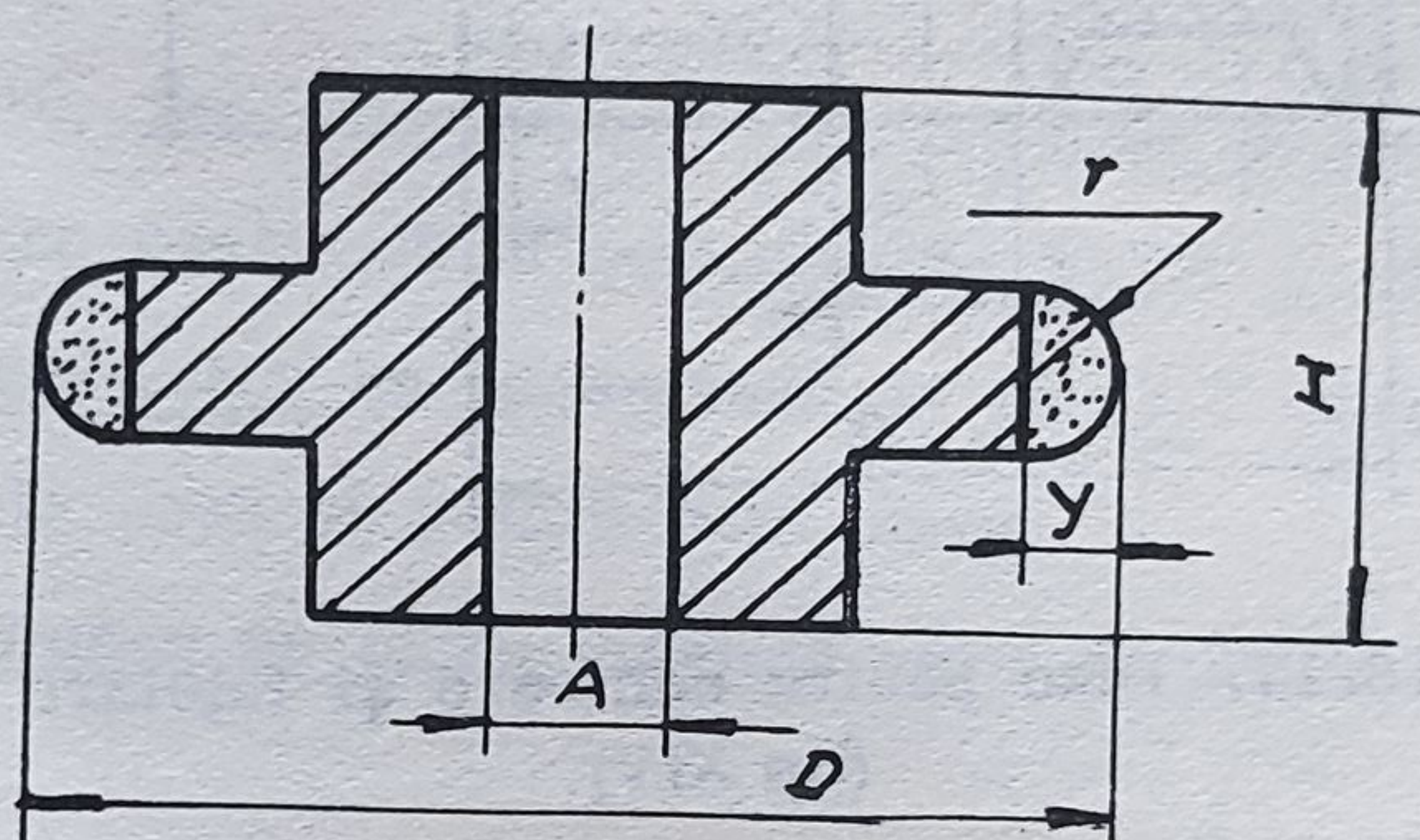


Fig. 16.15. Freză-disc pentru canale (tip XII).

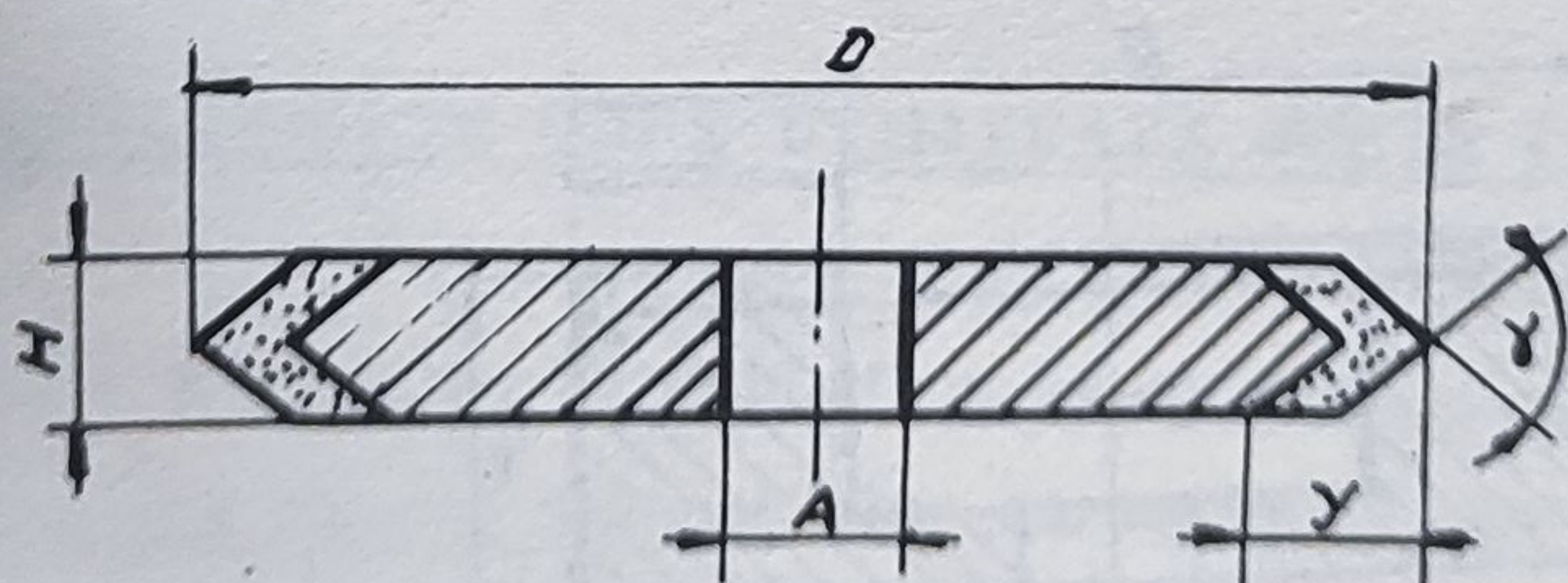


Fig. 16.16 Freză disc-unghiulară (tip XIII).



tirea în sens contrar sculei cu diamant la turația de 200 rot/min, viteza periferică a sculei cu diamant fiind de 18-25 m/s;

- bătaia axială a sculei cu diamant să nu depășească 0,02 mm;
- bătaia radială maximă de 0,005 mm.

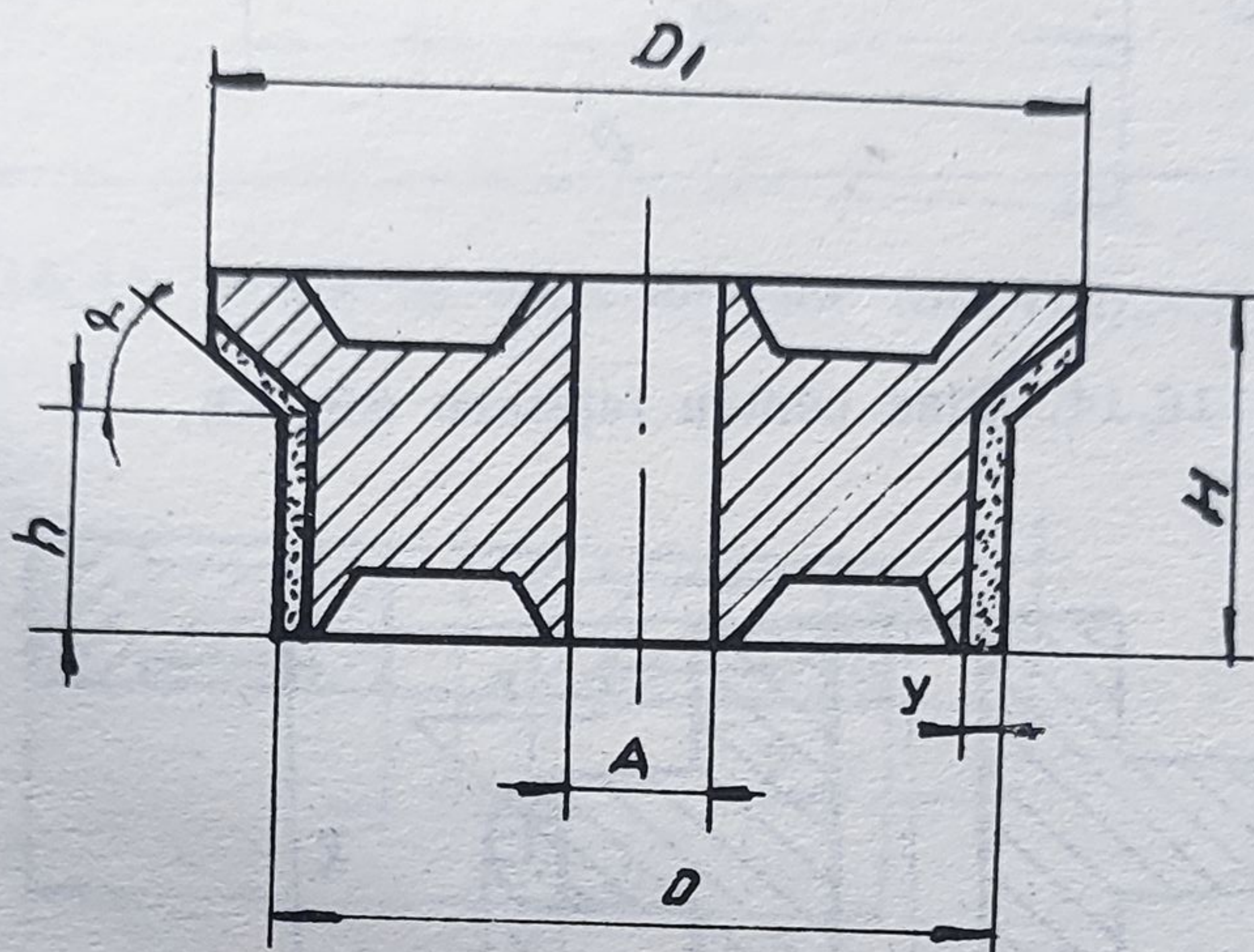


Fig. 16.17. Disc pentru centrare și fațetare (tip XIV).

În timpul corectării nu se admit presiuni mari și avansuri de lucru care să depășească 0,02 mm/rot, pentru granulațiile D 100-120 și 0,01 mm/rot pentru D 150-220.

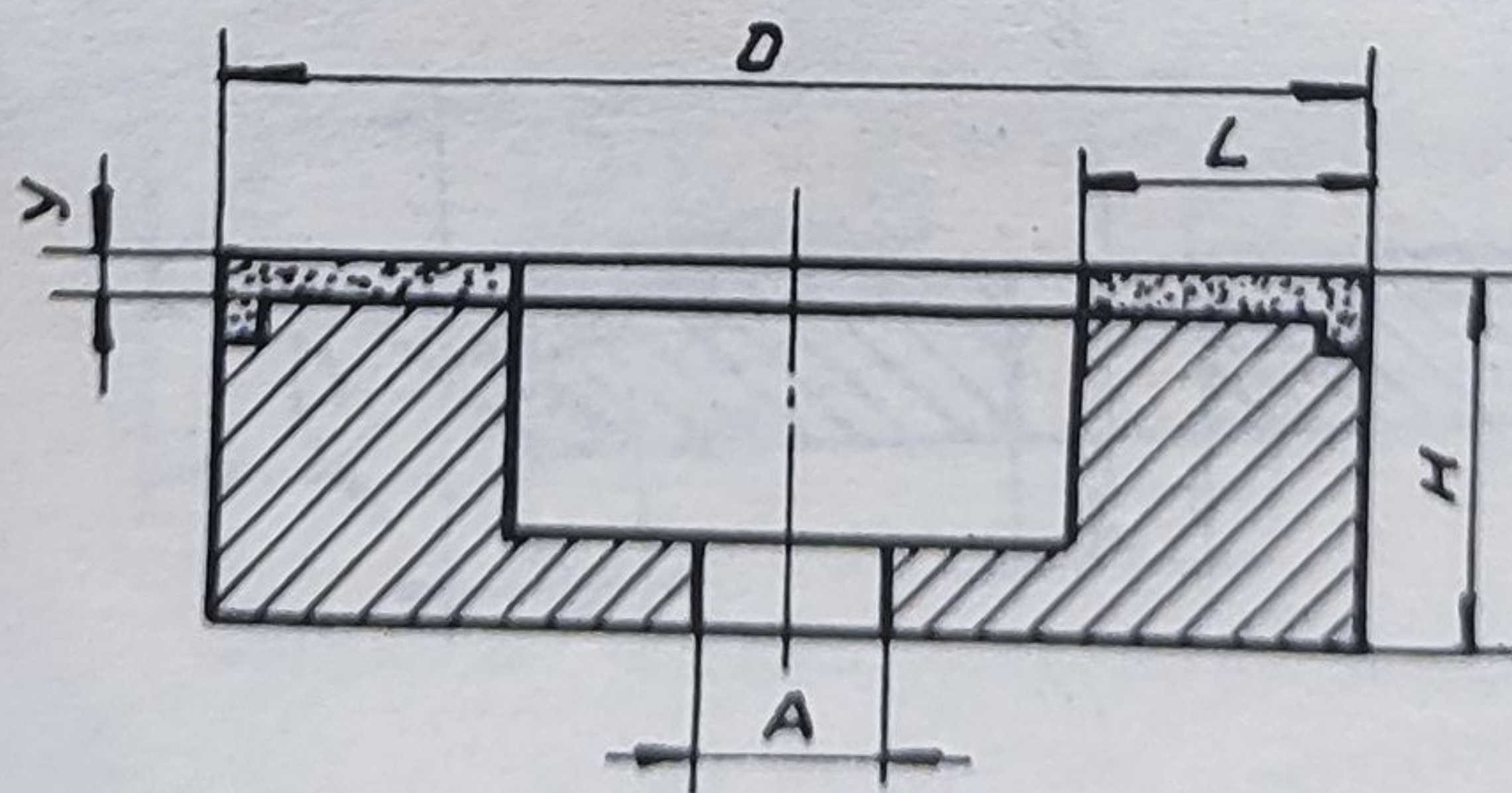


Fig. 16.18. Disc pentru rotunjire și planare (tip XV).



Sculele cu diamant de tipul XVI (fig. 16.19) respectiv pastilele cu diamant se întrebuințează în prelucrările de lepuire ale pieselor optice la rază sau plan.

Granulația pastilelor se alege în funcție de mărimea razei care urmează a fi prelucrată. Pentru raze mai mici de 50 mm se recomandă granula-

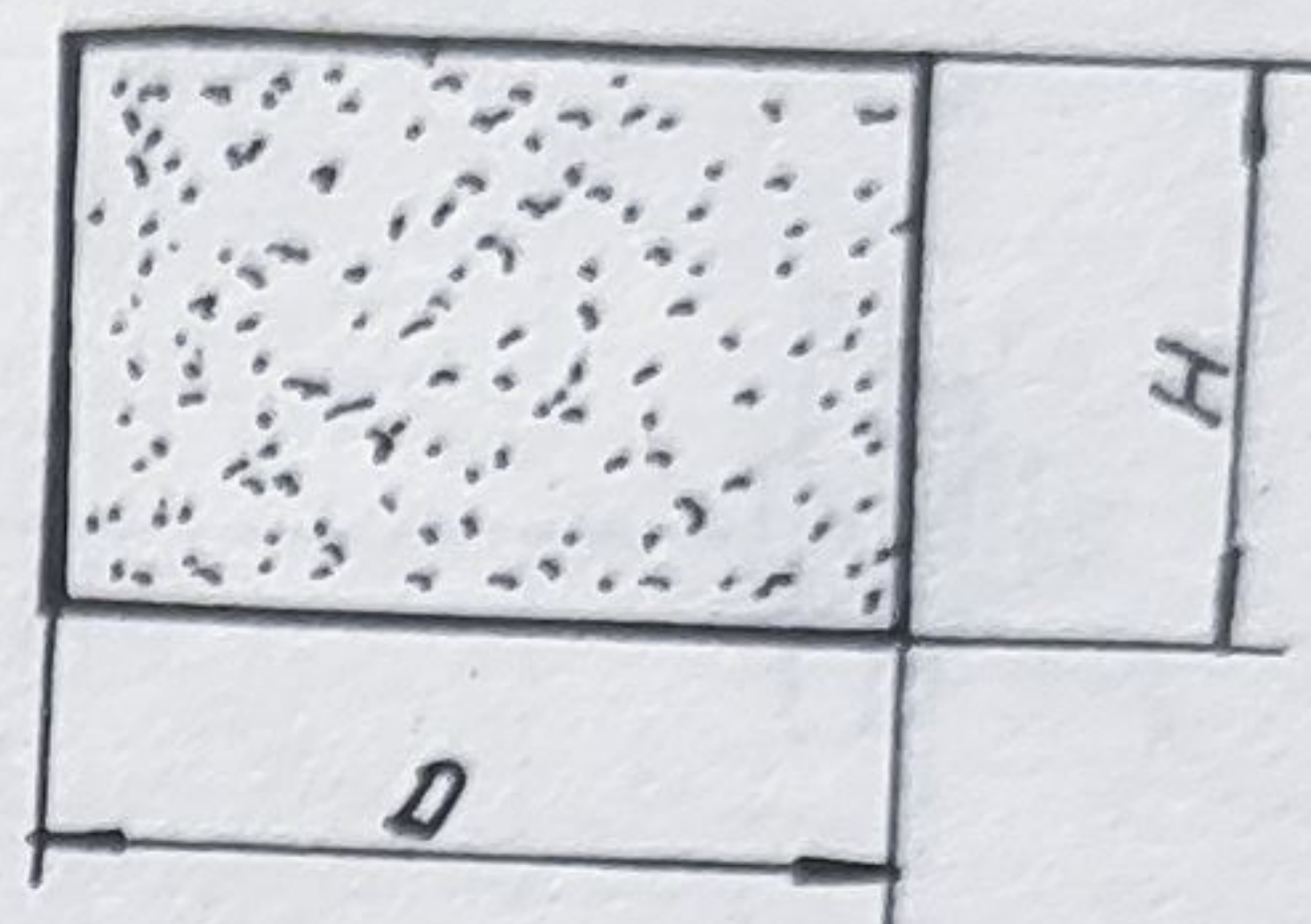


Fig. 16.19. Pastile pentru lepuire (tip XVI).

lația D 5 - 10, iar pentru raze mai mari de 50 mm D 10-15.

Pentru prelucrarea suprafețelor plane se recomandă D 10-15.

Concentrația se recomandă de 35 (1,5 carate/cm<sup>3</sup>) pentru prelucrările la rază și pentru cele plane.

Presiunea de lucru maximă care se utilizează este de 1 daN/cm<sup>2</sup>.

Datorită calității suprafeței obținute prin lepuire și micșorării timpului la operația de polisare, sculele de lepuire cu pastile cu diamant au înlocuit și tind să înlocuiască complet prelucrarea de dușare în serie cu abrazivi liberi.

#### 16.4. MAȘINI-UNELTE CARE UTILIZEAZĂ SCULE CU DIAMANT

16.4.1. Mașina de debitat cu avans elastic. La o mașină de debitat cu avans elastic manual (fig. 16.20) mișcarea principală este mișcarea de rotire imprimată discului de debitare, iar mișcarea de avans este imprimată mesei cu blocul din sticlă.

Factorii care determină regimul optim de lucru la mașinile de debitat sînt: calitatea materialului, adîncimea de debitare, avansul,



turația discului de debitare, caracteristicile discului de debitare și lubrifiantul de răcire întrebuințat.

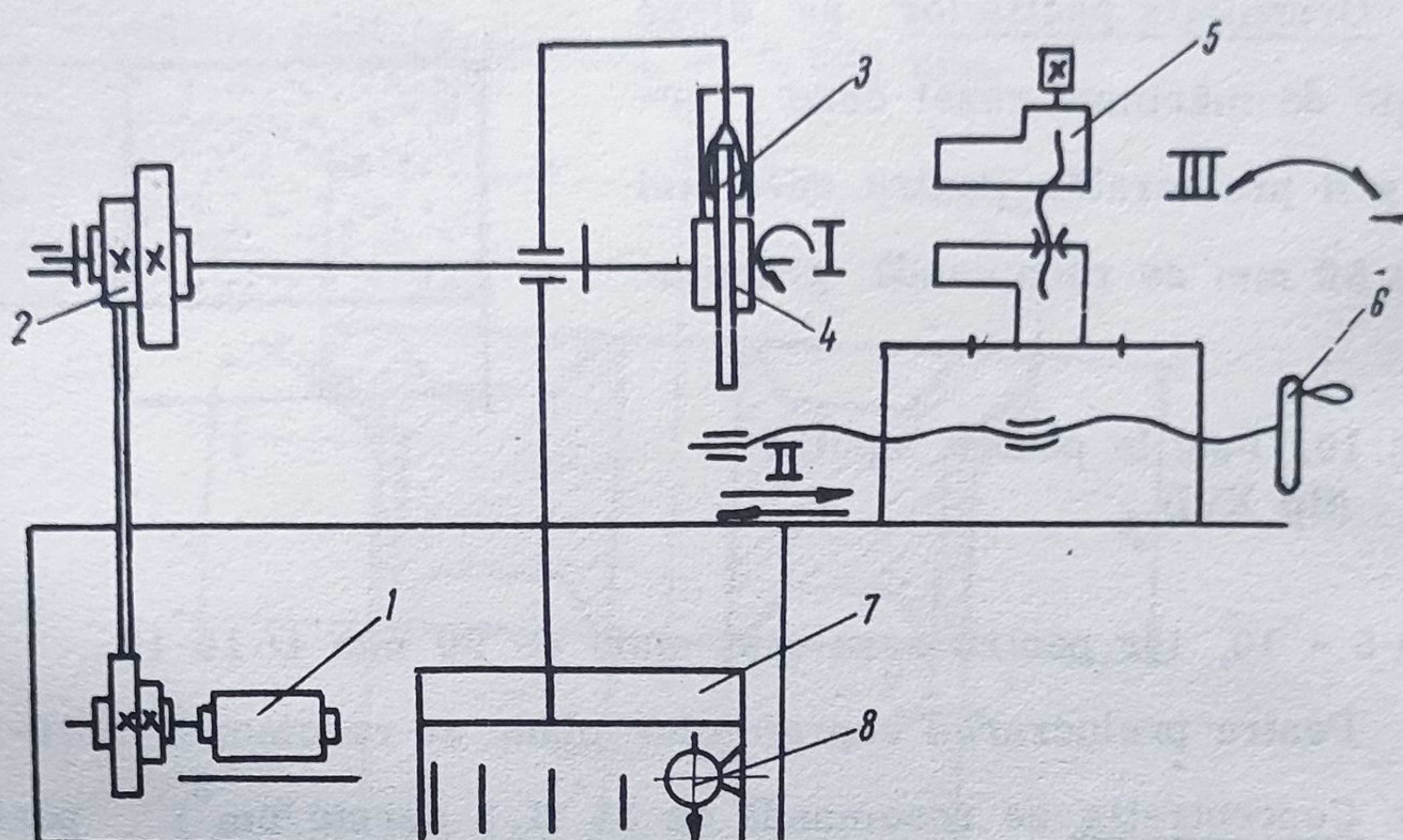


Fig. 16.20. Schema cinematică a mașinii de debitat cu avans elastic manual.

Caracteristici tehnice. Acestea sînt:

- dimensiunea maximă de lucru 180 mm;
- diametrul maxim al discului de debitare 400 mm;
- turațiile discului de debitare 600 și 1 200 rot/min;
- avansul longitudinal manual (șurub + manivelă) 2 mm/rot;  
1 diviziune de pe tambur 0,1 mm;
- avansul transversal elastic de lucru manual se obține cu o pîrghie variabilă;
- prinderea blocurilor în menghină cu fălci din material plastic;



- sistemul de răcire cu alimentare continuă (de la motor și pompă cu palete, decantor de 60 litri) cu debit reglabil;
- puterea motorului 1,5 kW/380 V;
- puterea motorului pompei. 0,5 kW.

Schema cinematică. Mișcarea de rotire a arborelui motorului electric 1, prin cureaua lată și conul etajat 2 cu două trepte de turații, se transmite la arborele principal pe care este fixat discul cu diamant 3, care realizează mișcarea principală de rotație I. Discul cu diamant este fixat pe arborele principal între cele două flanșe 4, care asigură și răcirea discului în timpul lucrului prin canale interioare, cu lichidul trimis de la pompa 8, din decantorul 7. Mișcarea de avans longitudinal II este asigurată de la șurubul conducător, cu manivela 6, care la o mișcare de rotație avansează cu 2 mm, având o precizie de 0,1 mm. Mișcarea de avans transversal III este realizată prin brațul rabatabil prevăzut cu menghina 5 și posibilitatea de rotație a menghinei la  $360^{\circ}$ .

Reglarea mașinii. Pentru realizarea debitării unui bloc în felii se procedează astfel:

Se fixează discul cu diamant între flanșe, în așa fel, încât să nu existe o bătaie radială mai mare de 0,1 mm și o bătaie axială mai mare de 0,1 mm.

Se strânge blocul de sticlă în menghină în așa fel, încât să se asigure o bună strângerea a blocului și porțiunea care urmează să fie debitată să rămână în afară.

Se pune în funcțiune mașina, apoi lichidul de răcire și se debitează o felie, prin avansul brațului rabatabil, pentru îndreptarea blocului.



Se reglează cu ajutorul avansului longitudinal grosimea fetei care urmează să fie debitată.

Se începe prelucrarea normală, fixînd avansul transversal de lucru, presiunea, turația discului cu diamante, debitul de lichid pentru răcirea acestuia.

După terminarea ultimei fete de debitat se oprește mașina, lichidul de răcire și se scoate din menghină felia de strîngere a blocului.

Regimul de lucru. Mașina de debitat cu avans elastic manual, avînd două turații  $n$  și diametrul  $D$  al discului cu diamante de 400 mm, asigură următoarele viteze de așchiere:

$$v_1 = \frac{\pi \cdot D \cdot n_1}{1\ 000 \times 60} = \frac{D \cdot n_1}{320 \times 60} = \frac{400 \times 1\ 200}{320 \times 60} = 25 \text{ m/s}$$

și

$$v_2 = \frac{D \cdot n_2}{320 \times 60} = \frac{400 \times 600}{320 \times 60} = 12,5 \text{ m/s}$$

Avansul  $s$  reprezintă distanța dintre două poziții succesive ale discului cu diamante măsurată pe direcția mișcării de debitare la o rotație completă (mm/rot), iar adîncimea maximă de debitare  $t$  reprezintă distanța între suprafața de prelucrat și cea prelucrată.

Pentru viteza de avans se recomandă următoarele valori  $S = 0,16 \dots 1 \text{ mm/s}$ . La această viteză de avans corespunde avansul  $s = 0,008 \dots 0,06 \text{ mm/rot}$ .

Adîncimea maximă de debitare este în funcție de diametrul și de grosimea discului cu diamante precum și de diametrul flanșelor de prinderea a acestuia. De obicei, adîncimea maximă  $t = 80 \dots 120 \text{ mm}$ .



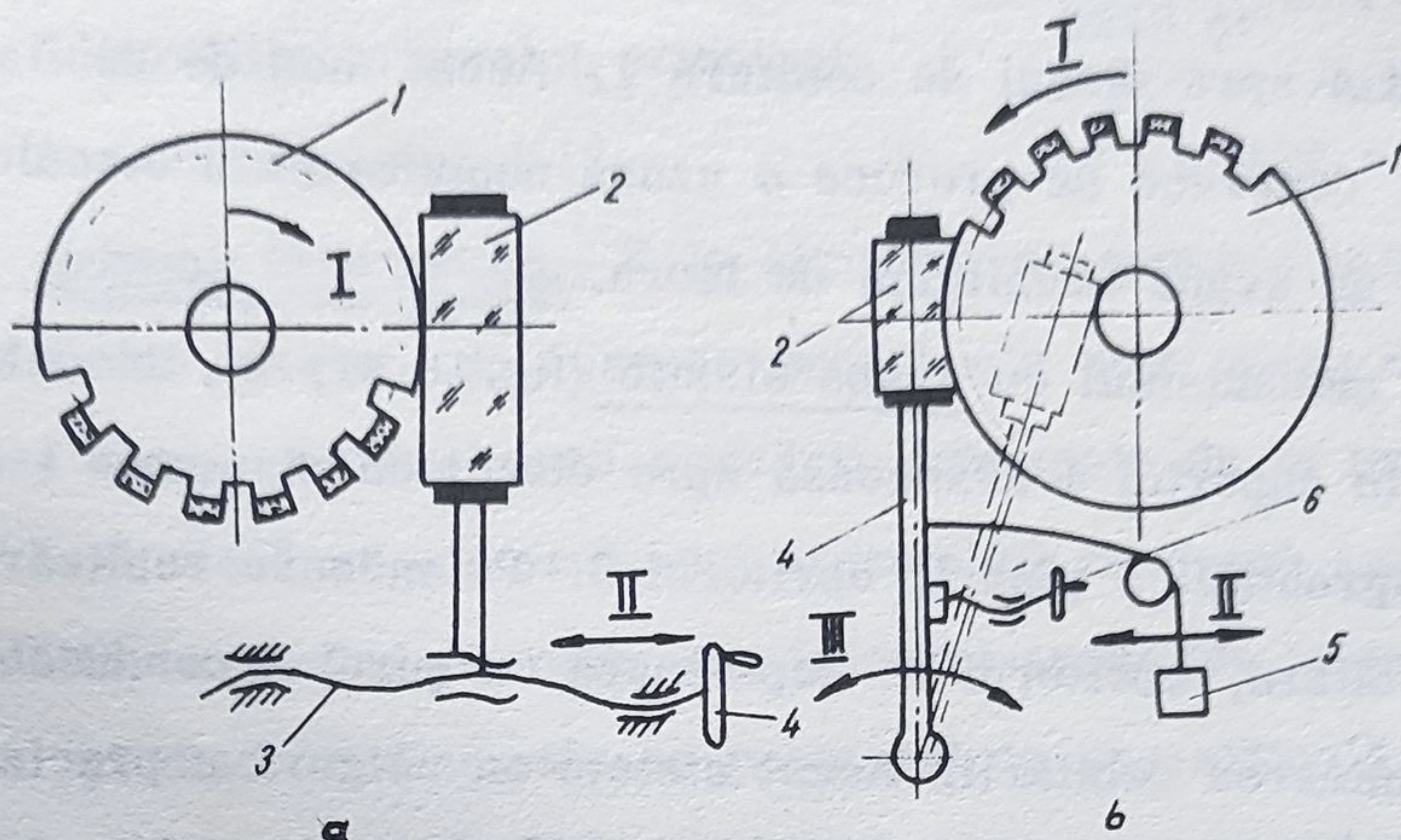
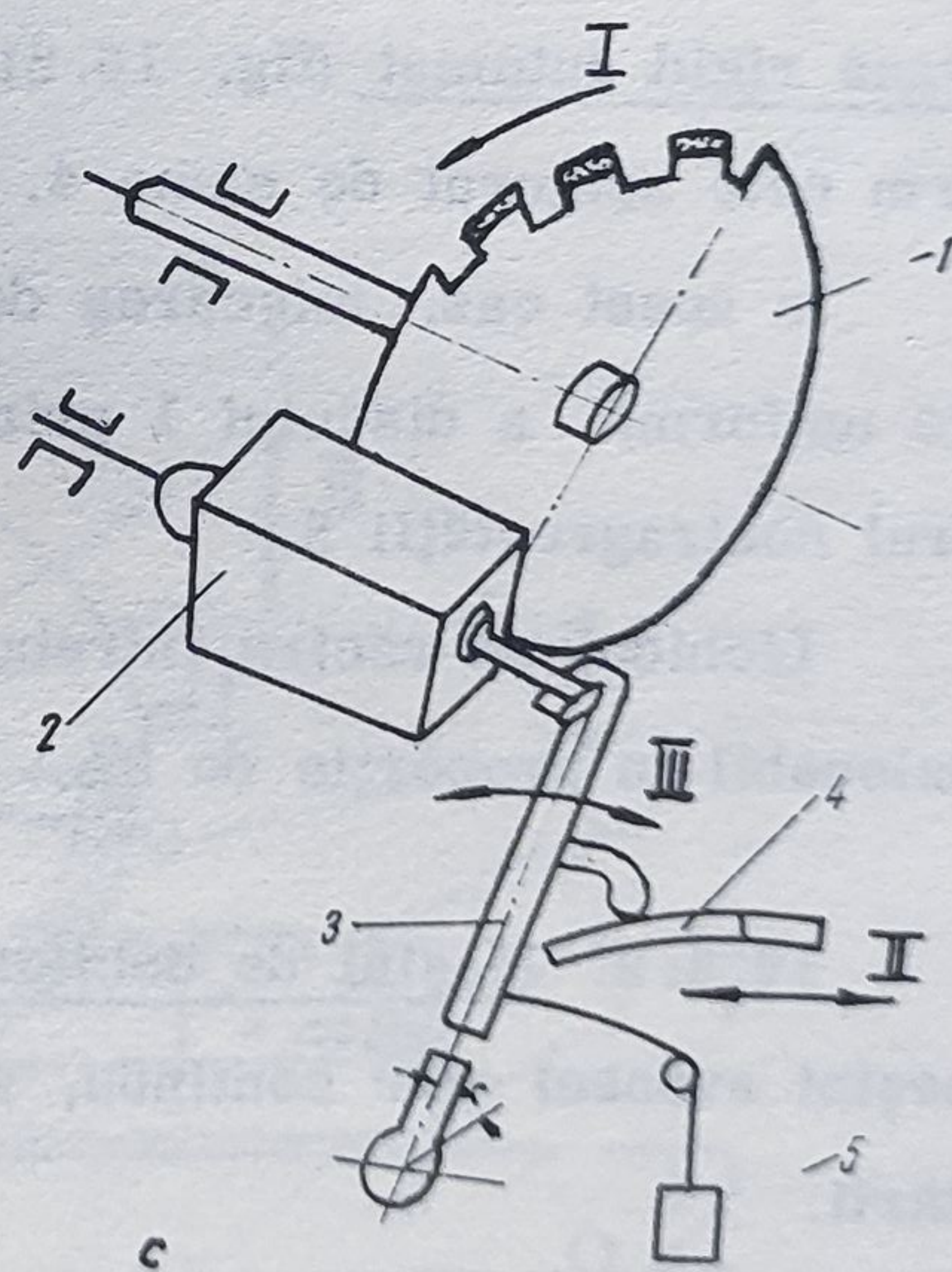


Fig. 16.21. Mecanisme pentru avans la debitare:  
a-cu avans rigid; b-cu avans elastic manual; c-automat; I-mișcare principală; II-mișcare de avans transversal; III-mișcare de avans transversal automat.





Mecanisme de avans. Pentru avans se pot folosi diferite mecanisme (fig. 16.21).

La mecanismul cu avans rigid (fig. 16.21, a), blocul de debitat 2 se deplasează transversal cu ajutorul șurubului conducător 3 și a manetei 4 spre discul de debitare 1. Acest mod de debitare nu este precis, deoarece se produce o uzură neuniformă a discului cu diamante și un avans neuniform de lucru.

La mecanismul cu avans elastic (fig. 16.21, b), blocul de sticlă 2 fixat în suportul 4 avansează spre discul cu diamante 1 cu ajutorul contragreutății 5 până la opritorul 3. Pe măsura realizării adâncimii de debitare, opritorul se deplasează cu șurubul conducător 6 până la terminarea debitării. Acest sistem nu asigură o precizie bună, datorită variației unghiului de înclinare a brațului care duce la presiuni neuniforme pe blocul din sticlă.

Pentru înlăturarea mersului neuniform s-a aplicat debitarea de avans rigid automat (fig. 16.21, c) la care mersul de prelucrare uniform este asigurat de cama 4.

În acest caz, mișcarea de rotație a blocului 2 permite o așchiere uniformă a discului 1 prin înclinarea brațului pivotant 3 cu ajutorul contragreutății 5.

Lichidul de răcire întrebuințat este compus din apă și ulei emulsionabil în proporție de 3%.

16.4.2. Mașini de debitat cu avansul mesei pe role. La aceste mașini avansul este continuu, fără prindere a blocului în timpul debitării.

Caracteristici tehnice. Aceste mașini prezintă următoarele caracteristici tehnice:

- diametrul discului cu diamant	400 mm;
---------------------------------	---------



- grosimea maximă de debitare  $t = 65 \dots 115 \text{ mm};$
- diametrul flanșelor de prindere  
ale discului  $100 \dots 150 \text{ mm};$
- lungimea maximă de debitare  $600 \text{ mm};$
- turațiile arborelui principal  $2280 \text{ și}$   
 $3\ 000 \text{ rot/min};$
- puterea motorului  $3 \text{ kW/220 V.}$

Schema cinematică. Este similară cu aceea a mașinii de debitat cu avans elastic, de care se deosebește prin aceea că puterea fiind mai mare, transmiterea mișcării principale de la motorul electric se realizează cu ajutorul unei transmisii cu curea lată, masa este mobilă, avansînd pe role, iar întregul ansamblu motor, arbore principal și disc cu diamante se poate rabate pe verticală la înălțimea cerută de debitare, realizîndu-se astfel mișcarea secundară de avans pe verticală care asigură adîncimea de debitare.

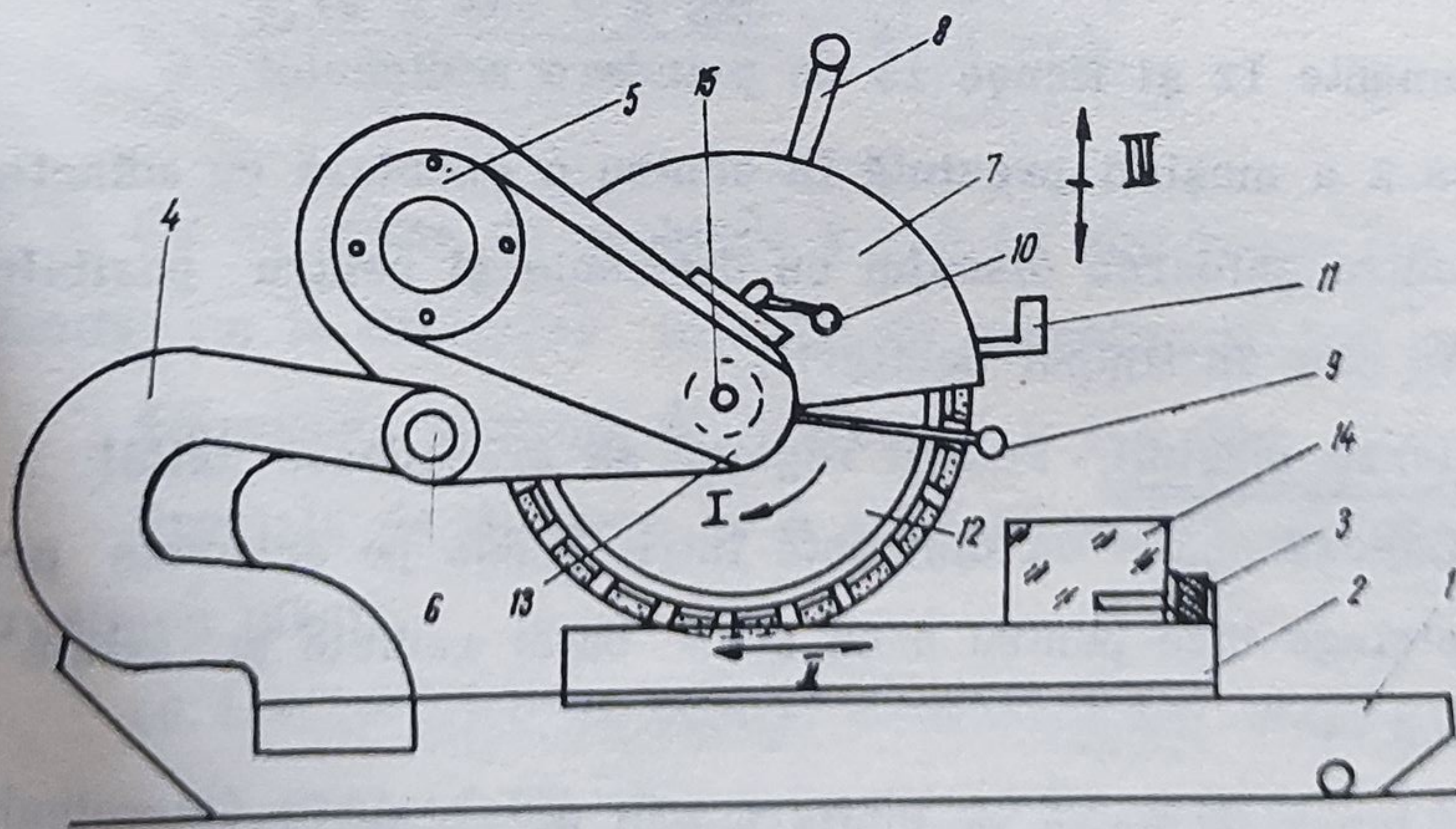


Fig. 16.22. Vederea generală a mașinii de debitat  
cu avansul mesei pe  
role.



Construcția mașinii. Mașina de debit cu avansul mesei pe role (fig. 16.22) se compune din următoarele părți principale:

Batiul 1 al mașinii este așezat cu o mică înclinare pentru a asigura scurgerea lichidului de răcire.

Masa mobilă 2 se deplasează pe role înclinate față de batiul mașinii și asigură mișcarea de avans principală II, și este prevăzută cu opritoare pentru limitarea curselor inferioară și superioară. Pe rama mesei se poate prinde un echer 3 reglabil la  $90^{\circ}$  pentru asigurarea ghidării blocului 14 în timpul debitării.

Forma specială a brațului 4 asigură stabilitate și elimină vibrațiile din timpul lucrului, dând în același timp posibilitatea să se regleze înălțimea de lucru prin rabatarea portdiscului cu ajutorul axului 6 și blocarea acestuia cu maneta 8.

Motorul 5 antrenează arborele principal 15 care este bine protejat și avansat pentru a nu veni în contact cu lichidul de răcire. Carcasa de protecție 7 este prevăzută cu țeavă de alimentare 11 pentru asigurarea răcirii discului cu diamante în timpul lucrului. Mașina este prevăzută cu întrerupătorul principal 10, mânerul de susținere 9, discul cu diamante 12 și flanșa 13 de prindere a discului.

Masa 2 a mașinii prezintă în centru o canelură cu adâncimea de 26 mm pentru ghidarea discului cu diamante și pentru posibilitatea ieșirii din bloc în timpul debitării.

Reglarea mașinii. Pentru reglare se procedează astfel:

Se fixează discul cu diamante între flanșe pe arborele principal și se strânge bine pentru a nu avea bătăi radiale și axiale în timpul lucrului.

Se fixează pe masa reglabilă blocul de sticlă care urmează să fie debitat.



Se reglează adâncimea de debitare în așa fel, încât șaiba să ajungă în canelură sub nivelul mesei.

Se fixează dimensiunea la care urmează să se debiteze blocul și se strânge echerul de ghidare a blocului pe rama mașinii.

Se pune în funcțiune mașina și se verifică debitul lichidului de răcire și turația discului.

Se avansează manual masa reglabilă și se începe debitarea prin avansarea mesei în direcția discului de debitare.

Condiția pentru asigurarea preciziei de prelucrare este ca discul cu diamante să nu aibă bățai, iar ghidarea blocului în timpul debitării să se execute cât mai precis.

Regimul de lucru. Pe acest tip de mașină, cu două turații și diametrul discului de 400 mm se pot realiza următoarele viteze de așchiere:

$$v_1 = \frac{\pi \cdot D \cdot n_1}{1\,000 \times 60} = \frac{3,14 \times 400 \times 3\,000}{1\,000 \times 60} \approx 60 \text{ m/s}$$

și

$$v_2 = \frac{3,14 \times 400 \times 2\,280}{1\,000 \times 60} = 47,4 \text{ m/s.}$$

Cu un avans de așchiere  $s = 0,18 \text{ mm/rot}$  se realizează o productivitate la debitarea blocului de aproximativ  $100 \text{ cm}^2/\text{min}$ .

Adâncimea maximă de debitare  $a = 115 \text{ mm}$ .

Precizia de debitare pe o lungime de 200 mm este de 0,5 mm la grosimea plăcii.

16.4.3. Mașina de debitat semiautomată. Mașina de debitat semiautomată (fig. 16.23) este folosită pentru debitări precise de blocuri, coloane și prisme.



Caracteristici tehnice. Mașina de debitat semiautomată este prevăzută cu avans longitudinal manual, cu o cursă totală a mesei 7 de 240 mm. La o rotație a roții de mână 8 se produce o deplasare de 3 mm, iar o diviziune de pe tambur corespunde unei deplasări de 0,1 mm. Cu avansul longitudinal automat se poate realiza o cursă maximă de 155 mm.

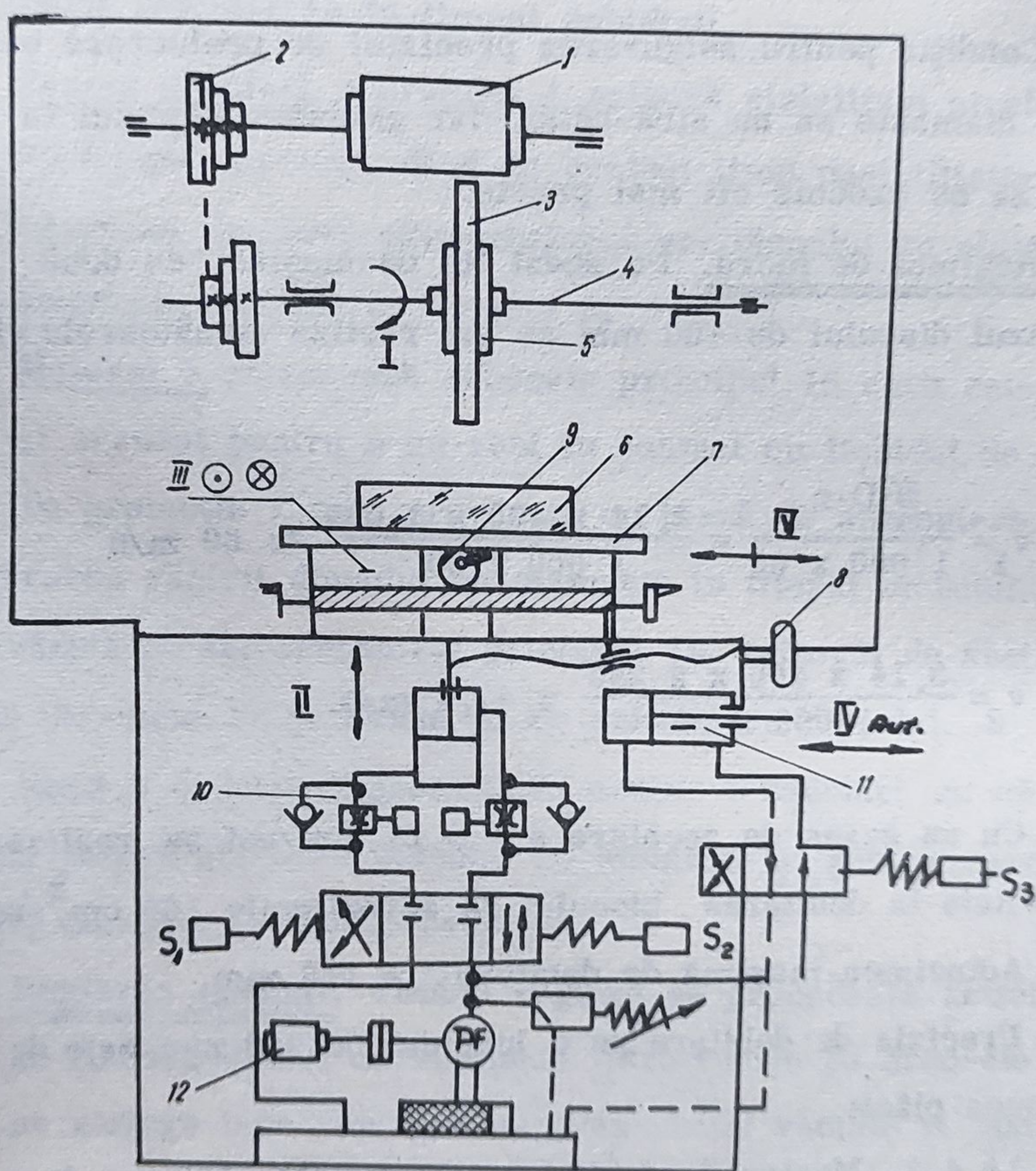


Fig. 16.23. Schema cinematică a mașinii de debitat semi-automată.



Pasul longitudinal poate fi reglat automat între 0,5 și 10 mm.

De asemenea, mașina de debitat semiautomată este prevăzută cu avans transversal manual, cu cursă maximă de 120 mm. La o rotație a manetei 9, masa se deplasează transversal cu 3 mm, la o diviziune a tamburului corespunzând o deplasare transversală de 0,1 mm.

La avansul vertical manual al mesei, cursa maximă este de 190 mm, iar la avansul vertical automat electrohidraulic este de maximum 100 mm. Avansul automat al mesei reglabil pe verticală este de 1-20 mm/min.

Puterea motorului 1 de antrenare a discului cu diamant 3 este de 0,75 kW, iar a motorului 12 de antrenare a pompei hidraulice este de 0,15 kW la 1 300 rot/min.

Turația arborelui principal 4 de antrenare a discului cu diamant 3 prezintă trei turații, asigurate de șaibele etajate 2 și anume la 2250/1180/1600 rot/min, antrenate fiind de o curea dințată.

Diametrul arborelui principal 4 este de 20 mm, diametrele flanșei 5 de prindere a discului de 40-100 mm, iar diametrul discului cu diamant de 250 mm (fig. 16.24).

Masa 7 (v. fig. 16.23) de fixare a blocului 6 din sticlă optică se poate roti în plan cu  $360^{\circ}$ , cu o precizie de citire de  $3'$ . De asemenea, masa este și rabatabilă cu  $+15^{\circ}$ , cu o precizie de  $3'$ .

Masa pentru reglare fină prezintă o precizie de  $1'$ , cu un domeniu de reglare până la  $50^{\circ}$ .

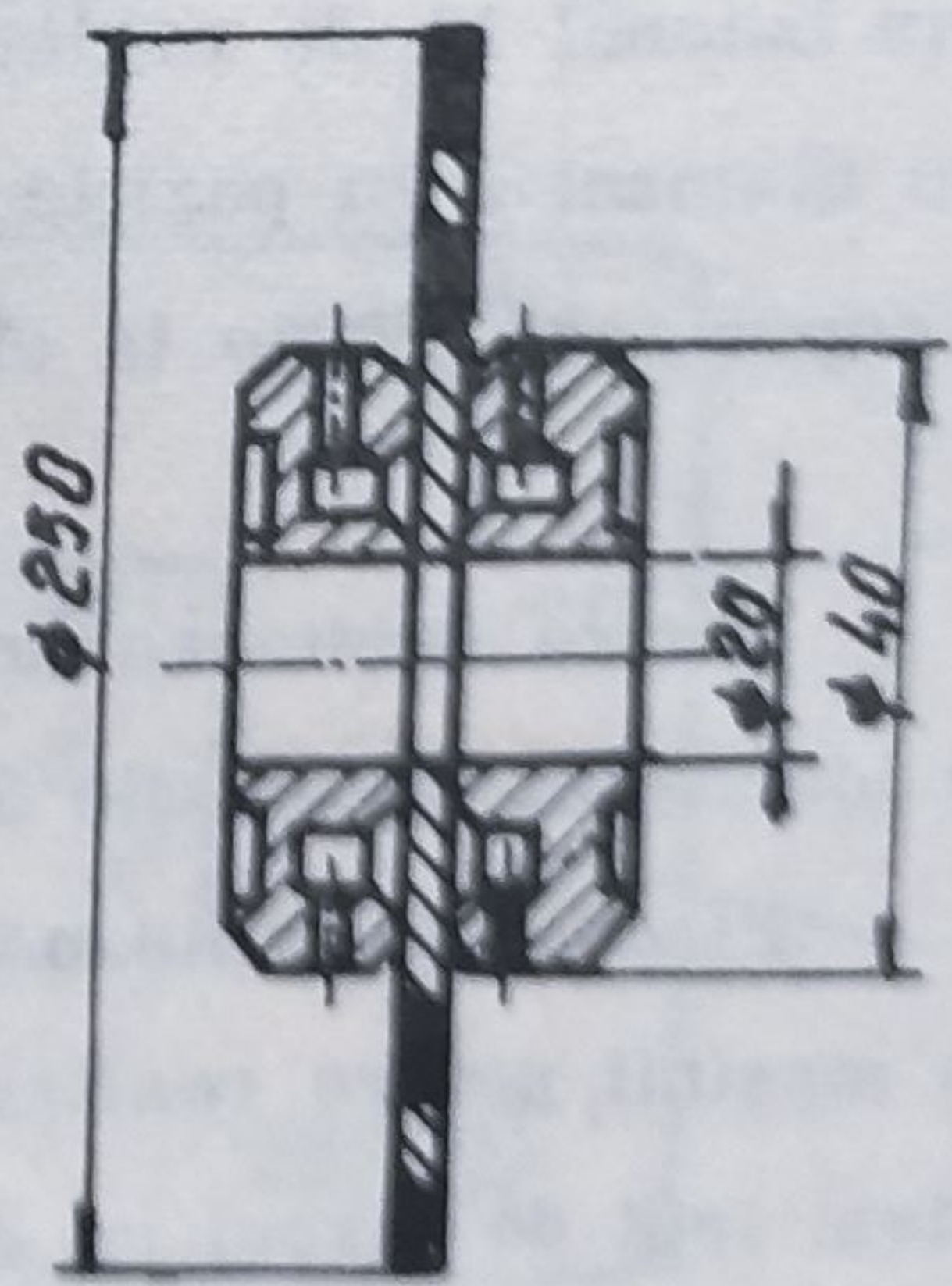


Fig. 16.24. Fixarea discului cu diamante.



Pasul longitudinal poate fi reglat automat între 0,5 și 10 mm.

De asemenea, mașina de debitat semiautomată este prevăzută cu avans transversal manual, cu cursă maximă de 120 mm. La o rotație a manetei 9, masa se deplasează transversal cu 3 mm, la o diviziune a tamburului corespunzând o deplasare transversală de 0,1 mm.

La avansul vertical manual al mesei, cursa maximă este de 190 mm, iar la avansul vertical automat electrohidraulic este de maximum 100 mm. Avansul automat al mesei reglabil pe verticală este de 1-20 mm/min.

Puterea motorului 1 de antrenare a discului cu diamant 3 este de 0,75 kW, iar a motorului 12 de antrenare a pompei hidraulice este de 0,15 kW la 1 300 rot/min.

Turația arborelui principal 4 de antrenare a discului cu diamant 3 prezintă trei turații, asigurate de șaibele etajate 2 și anume la 2250/1180/1600 rot/min, antrenate fiind de o curea dințată.

Diametrul arborelui principal 4 este de 20 mm, diametrele flanșei 5 de prindere a discului de 40-100 mm, iar diametrul discului cu diamant de 250 mm (fig. 16.24).

Masa 7 (v. fig. 16.23) de fixare a blocului 6 din sticlă optică se poate roti în plan cu  $360^{\circ}$ , cu o precizie de citire de  $3'$ . De asemenea, masa este și rabatabilă cu  $\pm 15^{\circ}$ , cu o precizie de  $3'$ .

Masa pentru reglare fină prezintă o precizie de  $1'$ , cu un domeniu de reglare până la  $50^{\circ}$ .

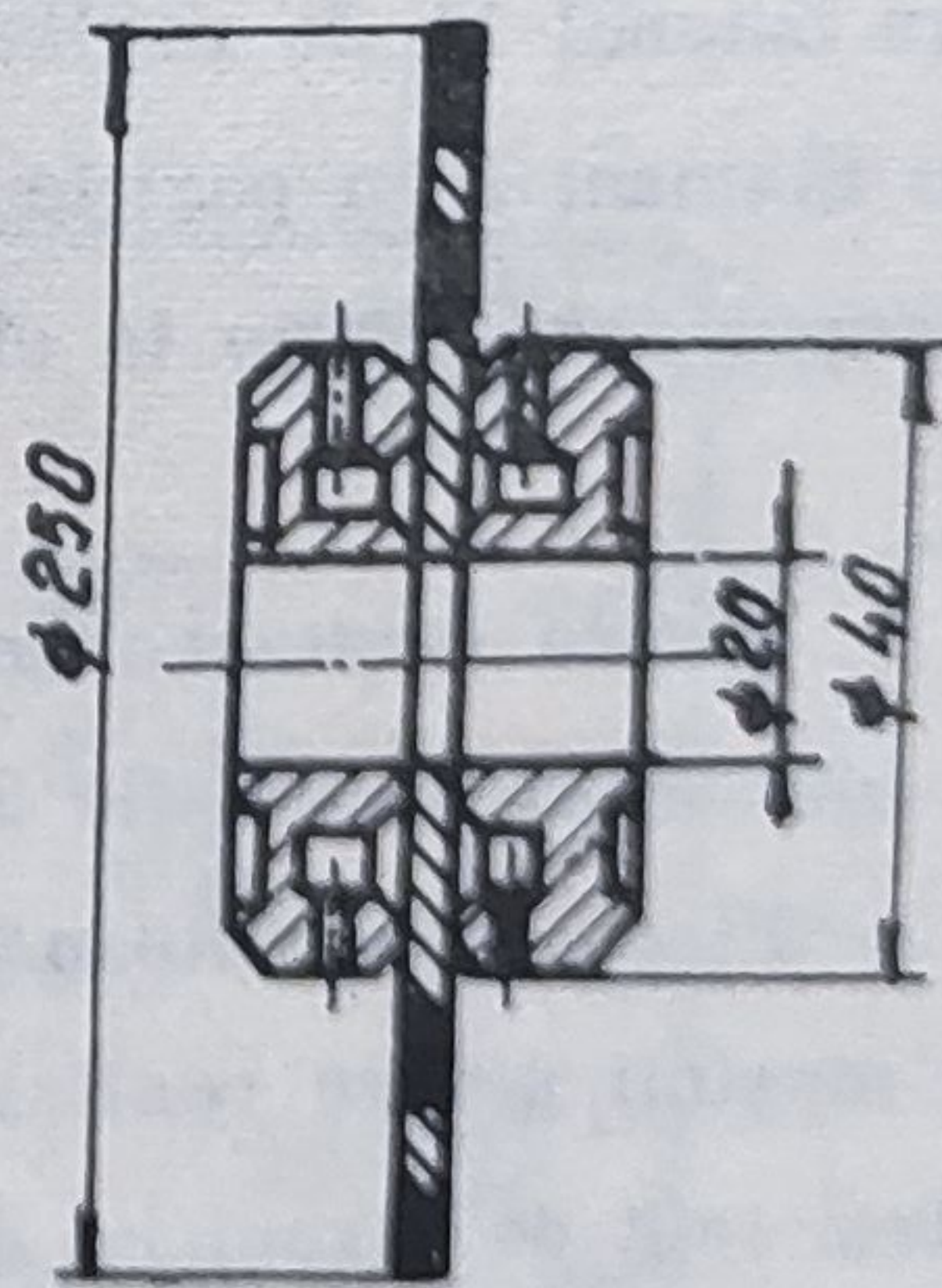


Fig. 16.24. Fixarea discului cu diamante.



Schema cinematică. Atît mişcarea pe verticală a mesei, cît şi cea longitudinală se pot regla în ciclu automat.

Mişcarea principală I este reprezentată de mişcarea de rotaţie a discului cu diamant 3. Motorul 1 transmite mişcarea prin intermediul şaibelor şi curelei dinţate 2 la arborele principal 4, respectiv la discul cu diamant 3 fixat cu flanşele 5 şi care debitează blocul 6 fixat pe masa maşinii.

Mişcarea de avans vertical II a mesei este dată de instalaţia electrohidraulică 10. Cursa poate fi limitată de două opritoare reglabile, iar viteza de avans poate fi reglată hidrantul de la motorul 12 şi pompa PF.

Mişcarea de avans longitudinal IV se poate obţine manual cu şurubul conducător şi automat prin acţionare electro-hidraulică 11.

Mişcarea de avans transversal III se reglează manual prin intermediul unui alt şurub conducător.

Reglarea maşinii. Blocul de sticlă 6 se prinde pe masa 7 prin chituire (fig. 16.25). Se reglează cursa de ridicare a mesei electro-hidraulic prin butonul 14 de comandă a motorului hidraulic şi prin butonul 11 de reglare a mişcării mesei, în aşa fel, încît discul cu diamant 3 în poziţia inferioară să nu taie masa 7, iar în poziţia superioară să fie la cîţiva milimetri mai sus de blocul de sticlă.

Pentru debitarea unei coloane 2 din sticlă în pastile 4, aceasta se blochează cu mastic 3 pe o placă 1 (fig. 16.26).

Placa 1 permite o fixare rigidă şi o reglare convenabilă pe masa maşinii, pentru realizarea condiţiei de perpendicularitate şi paralelism faţă de discul cu diamant al coloanei de debitat.

După conectarea motorului hidraulic cu ajutorul butonului 14 (fig. 16.25), se reglează opritoarele cu butoanele verzi 10 şi 12.



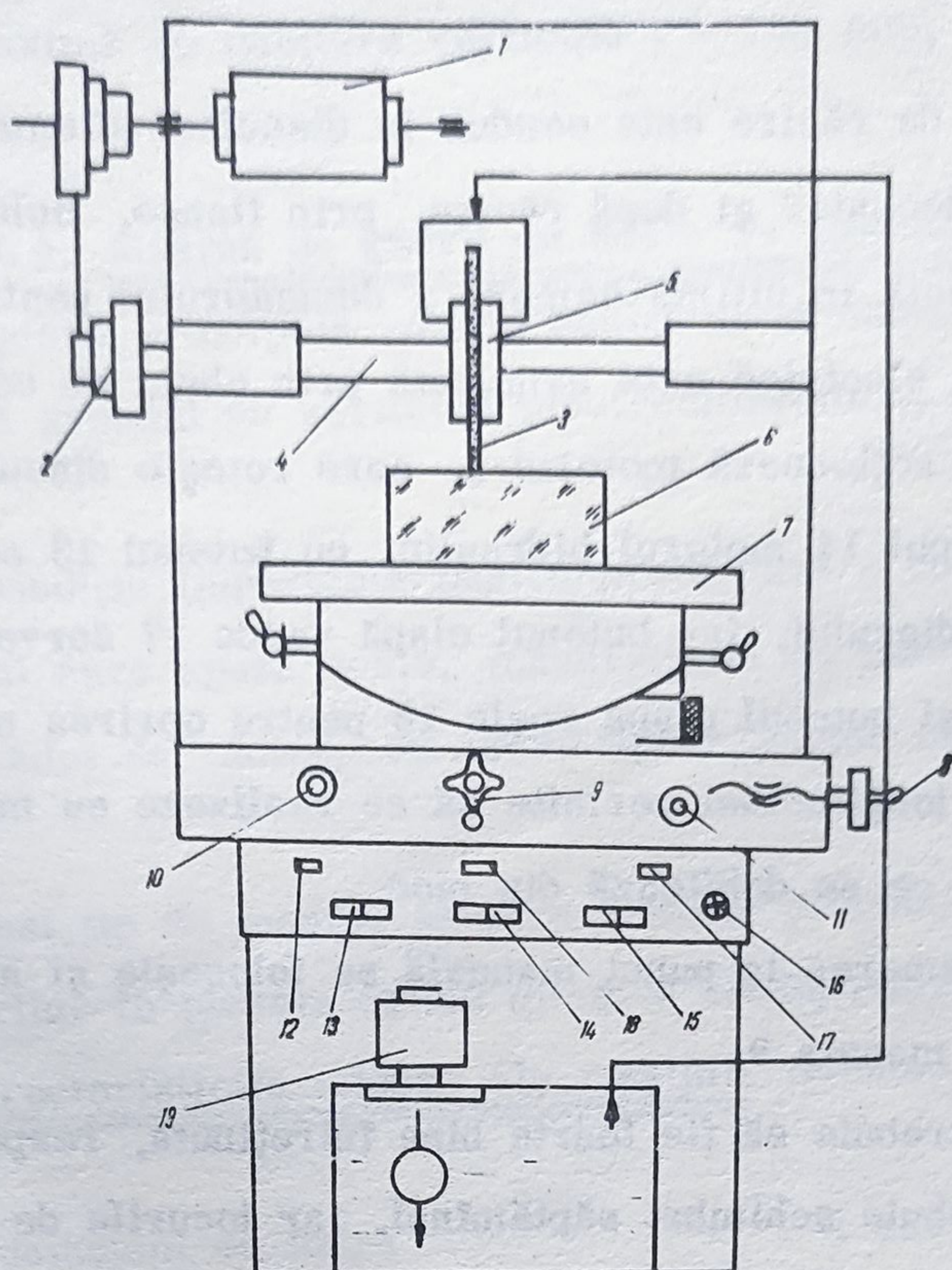


Fig. 16.25. Vedere generală a mașinii de debitat semiautomate.

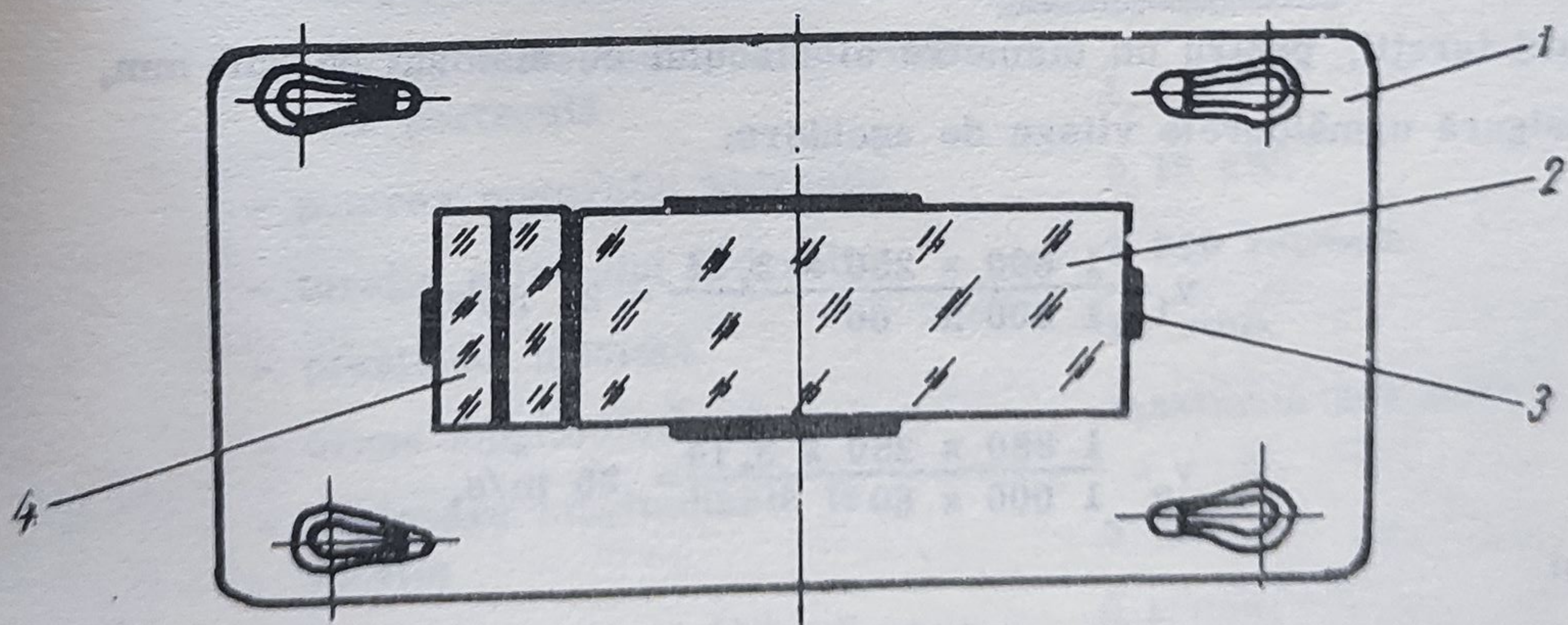


Fig. 16.26. Placă de blocare pe mașina de debitat.



Ciclul automat se pornește cu clapa verde 17 pentru ridicarea mesei.

Lichidul de răcire este condus la discul cu diamant 33 prin pompa 19 de la decantor și după răcire, prin flange, lichidul se întoarce prin conductă în ultima cameră a decantorului pentru filtrare.

Comanda electrică este asigurată prin cheia de contact 16. Cu butonul 15 se acționează motorul 1, care rotește discul 3 pentru debitare, cu butonul 14 motorul hidraulic, cu butonul 13 se asigură comanda răcirii discului, iar butonul clapă verde 17 servește pentru ridicarea mesei și butonul clapă roșie 18 pentru oprirea mesei.

Avansul longitudinal permite să se realizeze cu manivela 8 grosimea feliilor ce se debitează din bloc.

Pentru punerea la punct manuală se folosește și avansul transversal prin maneta 9.

Mașina trebuie să fie foarte bine întreținută, respectiv lichidul de răcire trebuie schimbat săptămânal, iar locurile de ungere prevăzute în schema de ungere a mașinii să fie unse la perioadele de timp indicate în această schemă.

d. Regim de lucru. Mașina de debitat semiautomată având trei turații, pentru un diametru al discului cu diamant de 250 mm, asigură următoarele viteze de așchiere:

$$v_1 = \frac{1\ 600 \times 250 \times 3,14}{1\ 000 \times 60} = 21\ \text{m/s},$$

$$v_2 = \frac{1\ 880 \times 250 \times 3,14}{1\ 000 \times 60} = 25\ \text{m/s},$$

și

$$v_3 = \frac{2\ 250 \times 250 \times 3,14}{1\ 000 \times 60} = 29\ \text{m/s}.$$



Avansul se recomandă a se lua  $s = 0,06 \dots 0,09$  mm/rot, iar adâncimea maximă de debitare verticală  $t = 105$  mm, folosind o flanșe cu diametrul de 40 mm.

16.4.4. Mașina de găurit cu scule cu diamant. Mașina folosește ca mișcare principală rotația sculei cu diamant, iar ca mișcare secundară avansul pe verticală electrohidraulic al mesei portpiesă optică.

O condiție importantă pentru prelucrare o constituie presiunea lichidului care apasă scula, măsurată cu un manometru și presiunea lichidului de răcire, de asemenea măsurată cu un alt manometru.

Acest tip de mașină asigură o mare productivitate la obținerea decupărilor în piesele optice cât și a rotunjirilor prin decupare.

Caracteristicile tehnice ale mașinii. Acestea sînt următoarele:

- domeniul de lucru	4-120 mm diametru;
- turația motorului de antrenare a sculei	2 820 rot/min;
- turația arborelui portsculă	6 000 rot/min;
- puterea motorului pentru arborile portsculă	1,5 kW;
- puterea motorului hidraulic	0,15 kW;
- turația motorului hidraulic	1 300 rot/min;
- presiunea maximă	15 atm;
- avans longitudinal manual	maximum 240 mm;
- deplasare longitudinală la o rotație	3 mm;
- o diviziune de pe tambur	0,1 mm;
- mișcarea mesei pe verticală, acționată electrohidraulic cu o cursă maximă	190 mm



- viteza de avans a mesei pe verticală este reglabilă;
- puterea motorului lichidului de răcire 0,06 kW/2 800 rot/min;
- ulei utilizat pentru pompa hidraulică H 30;
- ulei utilizat pentru răcire; ulei pentru mecanisme fine.

Schema cinematică. Mișcarea principală de rotație I se transmite de la motorul 1 prin transmisia 2 la arborele principal 3 și scula 4 (fig. 16.27).

Mișcarea de avans longitudinală III a mesei este manuală și și se asigură prin manivela 5.

Mișcarea transversală IV este manuală asigurată prin manivela 6.

Placa cu piesa optică de găurit (fig. 16.28) se prinde prin manivela 7 (fig. 16.27) care asigură strângerea și desfacerea plăcilor electromagnetice.

Prin cele opt butoane de la tabloul de comandă 8 se asigură mișcarea automată a mesei, reglarea cursei mesei, reglarea presiunii pe sculă, reglarea presiunii lichidului de răcire etc.

Transmisia 9 asigură avansul automat hidraulic pe verticala II a mesei portpiesă. Clapele 10 semnalizează funcționarea mașinii și a motoarelor, de asemenea, asigură contactele de pornire și oprire ale mașinii și a diferitelor organe principale.

Prin scala cu opritoare 11 se limitează cursa pe verticală a mașinii, iar prin opritorul din mijloc se stabilește și porțiunea unde este necesară viteza de avans minimă.



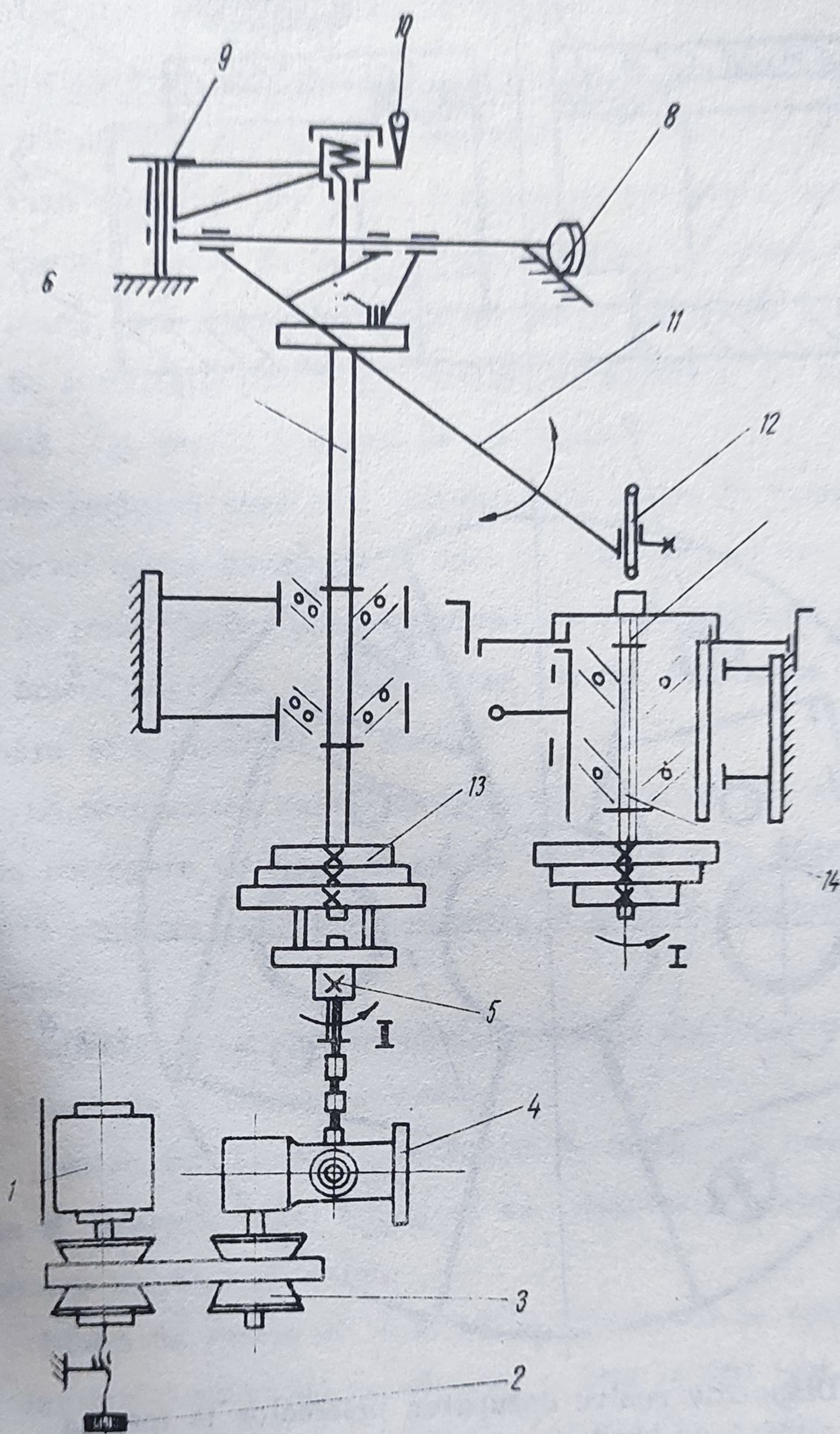


Fig. 16.27. Schema cinematică a mașinii de polisat plan și sferic cu alimentare continuă, de mare productivitate.



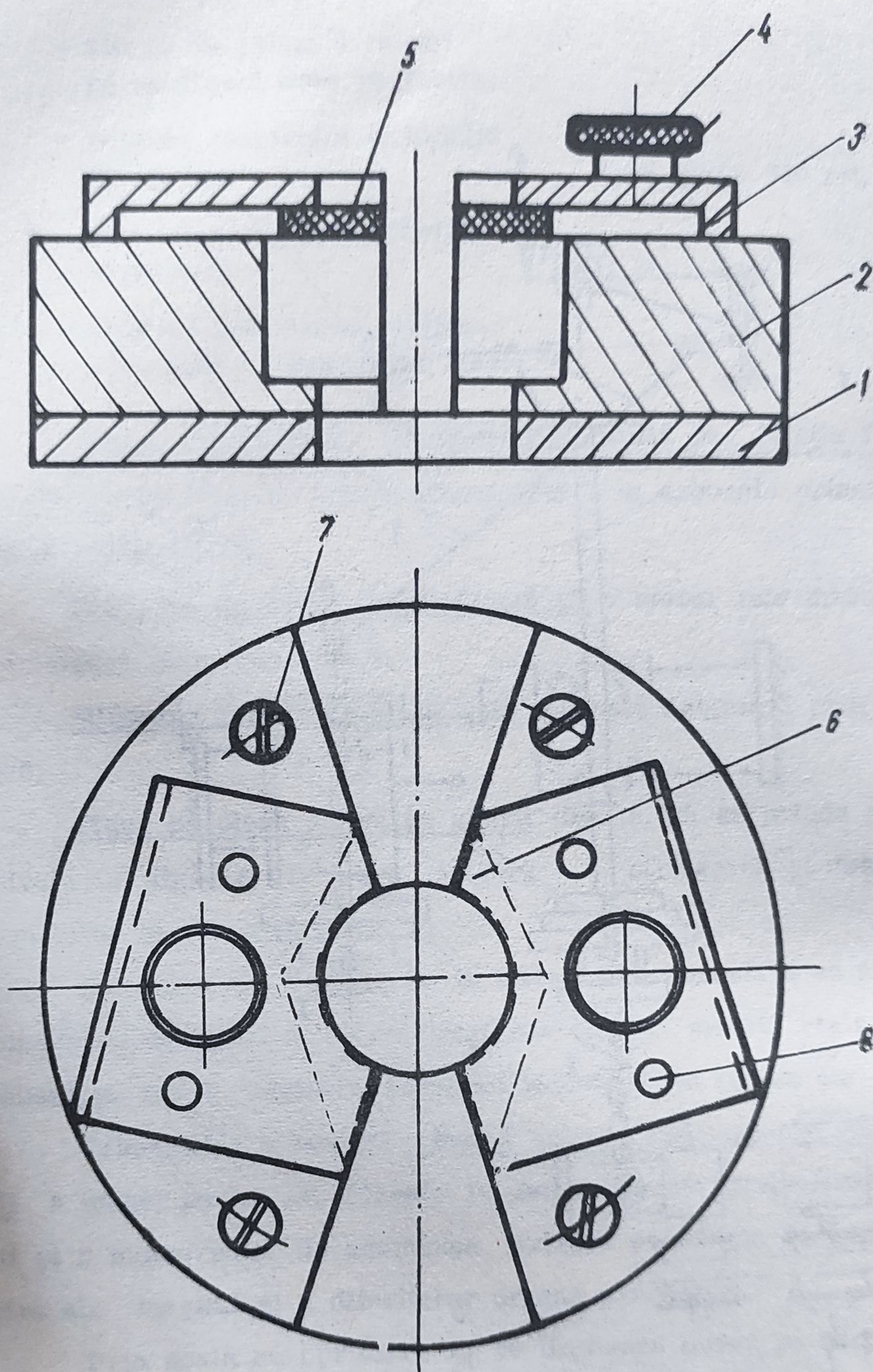


Fig. 16.28. Dispozitiv pentru decuparea prismelor la mașina de găurit: 1- placă de bază; 2- prismă de ghidare; 3- prismă de strângere; 4- șurub moletat; 5- placă de textolit; 6- prismă; 7- șurub de strângere; 8- știft de centrare.



Mașina mai conține și conducta 12 pentru răcirea sculei prin interiorul ei. Răcirea se obține de la un decantor cu pompă cu capacitatea de 50 litri și un debit de 30 l/min.

Reglarea și întreținerea mașinii. Scula se fixează pe filet, astfel ca bătaia maximă să nu depășească 0,01 mm.

Prin mișcările de avans manuale se centrează scula.

Piese optice se fixează prin blocarea mecanică sau chituire pe o placă, iar placa se fixează pe masa magnetică a mașinii.

Se stabilește adâncimea maximă de așchiere și se reglează cursa lentă și rapidă a mesei pe verticală.

Se reglează presiunea lichidului de răcire în funcție de diametrul piesei optice de găurit și deci de diametrul sculei.

Se pune în funcțiune mișcarea de avans automat și răcirea, apoi se începe găurirea, urmărindu-se modul de reglare a avansului de lucru și a presiunii de răcire.

La terminarea cursei de găurire, se trece pe avansul automat de retragere cu mers în gol pe verticală și la găurirea următoare prin reglarea manuală a mesei, în direcția longitudinală sau transversală.

Adâncimea maximă de găurire rezultă din lungimea sculei și din adâncimea interioară a sculei.

Pentru înlăturarea posibilității de tensionare marginală la intrarea și ieșirea sculei din piesă se micșorează avansul la minimum pentru zonele respective.

Uleiul de răcire se schimbă și decantorul se spală săptămânal, iar uleiul hidraulic se schimbă o dată la trei luni.

Mașina se unge și se gresează zilnic la locurile special indicate.

Regimul de lucru optim este indicat în tabelul 16.7.



Tabelul 16.7

Regimul de lucru optim la găurire cu scule  
cu diamant sinterizat

Diametrul sculei  mm	Turația  rot/min	Presiunea lichidului de răcire daN/cm <sup>2</sup>	Viteza de așchiere  m/s	Viteza de avans  cm/min
2-5	8 000 - 6 000	5-3	1-1,5	3-4
6-10	6 000 - 4 500	3-2	1,5-2	
11-20	4 500 - 3 000	2-1	2-3	
21-40	3 000 - 1 500	1-0,5	3	
41-120	1 500 - 600	0,5-0,2	3	

16.4.5. Mașina de rotunjit coloane. Pentru confecționarea semifabricatelor din sticlă, necesare pentru executarea lentilelor, se poate folosi prelucrarea cu discuri abrazive și cu diamant pe mașini de rotunjit.

Aceste mașini se folosesc la rotunjirea coloanelor de piese optice fie de la forma octogonală sau pătrată la forma rotundă, fie de la un diametru mai mare al coloanelor la un diametru mai mic.

La mașinile de rotunjit cu scule cu diamant, mișcarea principală se obține prin rotirea arborelui portpiesă pe care se găsește coloana de piese, iar mișcarea secundară de avans este imprimată saniei portsculă care poate fi automată sau manuală.

Prelucrarea se poate realiza cu discul cu diamant prin atac perpendicular pe coloană sau cu o sculă tip freză frontală prin atac lateral al coloanei.

În ambele procedee de lucru, randamentul și productivitatea sînt asemănătoare.



Caracteristici tehnice. Mașina de rotunjit cu sculă tip disc, cu atac perpendicular pe coloană, are următoarele caracteristici tehnice:

- domeniul de lucru, respectiv diametrul minim și maxim al coloanelor 10-120 mm;
- lungimea maximă a coloanei 100 mm;
- diametrul discului de prelucrare 100 mm;
- turația discului de prelucrare 5 200 rot/min;
- turația arborelui portpiesă (2 trepte) 155 și 280 rot/min;
- avansul automat al saniei portsculă (3 trepte) 11,27 și 67 mm/min;
- durata de prelucrare a coloanei 1,3, 3 și 8 min;
- broșe tip Tempo TS-50.2
- debitul pompei de răcire 45 l/min;
- decantor cu pompă tip KT 19 capacitate 180 l;
- puterea motorului 1,5 kW;
- dimensiuni de gabarit 1 500 x 900 x 1 500 mm.

Schema cinematică a mașinii. Mișcarea principală de rotire a coloanei cu piesa 1 (fig.16.29) se primește de la motorul 2, prin roțile de curea 3 cūtreată dublă prin roțile dințate 4, la arborele intermediar 5 și bușa elastică 6, pentru rotire stînga-dreapta, a arborelui portpiesă 7, prin roțile dințate 8 și 9. Reglarea coaxialității celor două păpuși, mobile 10 și fixă 11, se realizează prin șurubul cu pană 12.

Strîngerea și apropierea arborelui 7 de coloană se realizează cu manivela, opritorul și rondela filetată 13. Mișcarea de rotație



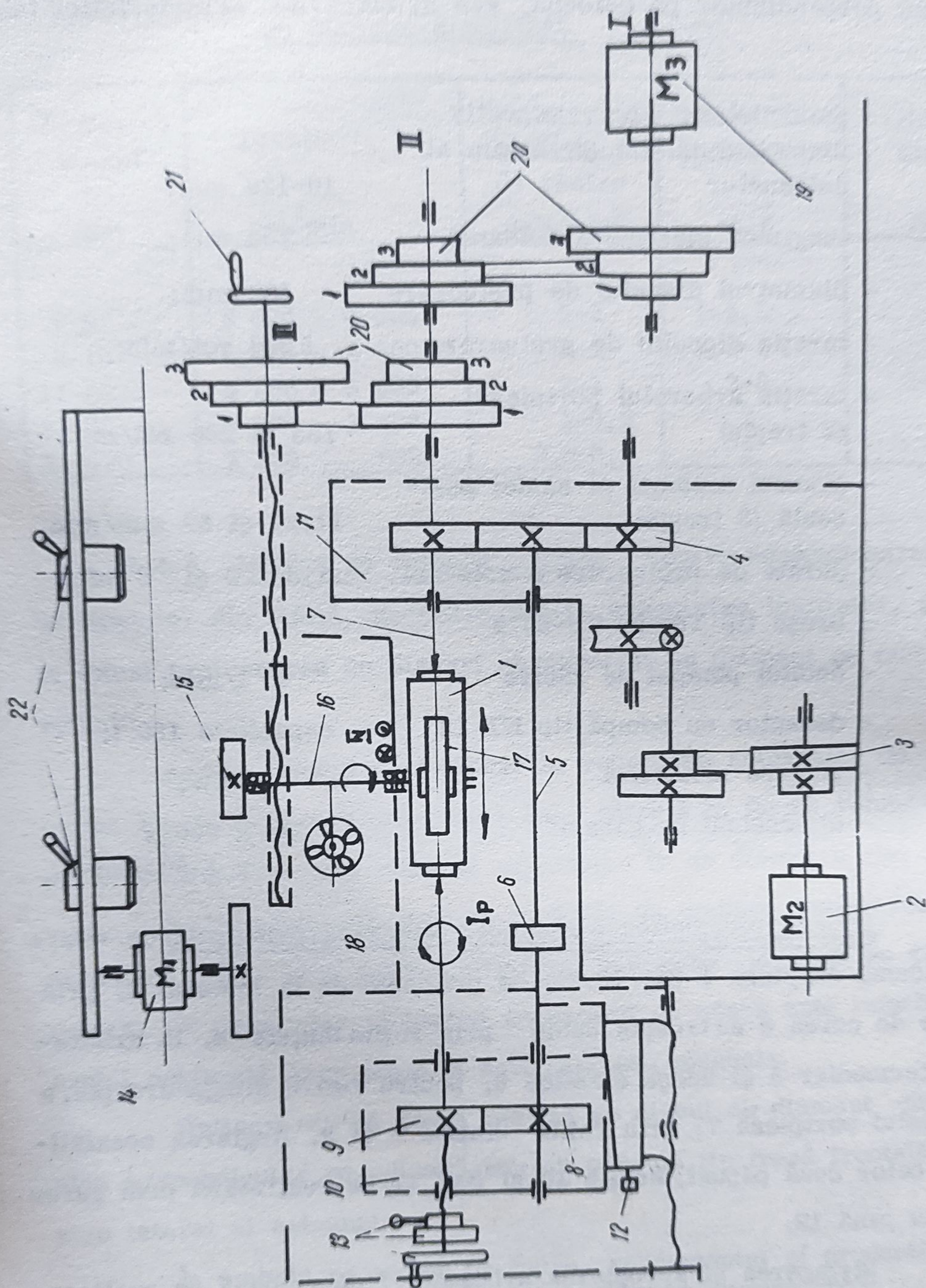


Fig. 16.29. Schema cinematică a mașinii de rotunjit cu scule cu diamant.



a discului cu diamant 17 se obține de la motorul 14 prin roțile cu curea trapezoidală 15 și broșa tip Tempo 16.

Mișcarea de apropiere a sculei de coloană se realizează manual pe verticală prin manivela 18 prevăzută cu scală gradată.

Mișcarea de avans automat a saniei portsculă se primește de la motorul 19 prin arborii intermediari și roțile cu trei trepte 20, obținându-se avansurile indicate în tabelul 16.8.

Tabelul 16.8

Valorile avansului pentru schema cinematică  
din figura 16.29

Diametrul coloanei, mm	Numărul roților de curea la		Avans, mm/min
	transmisia I	transmisia II	
5-15	3	1	82
15-30	2	1	41
30-45	3	2	27,5
45-60	1	1	18,75
60-75	2	2	13
75-90	3	3	10,5
90-105	1	2	6,1
105-120	2	3	5
120-150	1	3	2,35

Acționarea manuală a avansului se realizează cu ajutorul manivelei 21. Limitarea mișcării de avans este menținută de două limitatoare 22 deplasabile, electrice, care permit automat oprirea mișcării.

Construcția mașinii. Mașina se compune din următoarele subansamble și elementele principale (fig.16.30):

Păpușa mobilă 1 este formată din manivela de strângere 2 și sistemul de avans 3 cu plulița opritor 4, axele conice 5, pastila 7 de strângere a coloanei și de antrenare. În interior se gă-



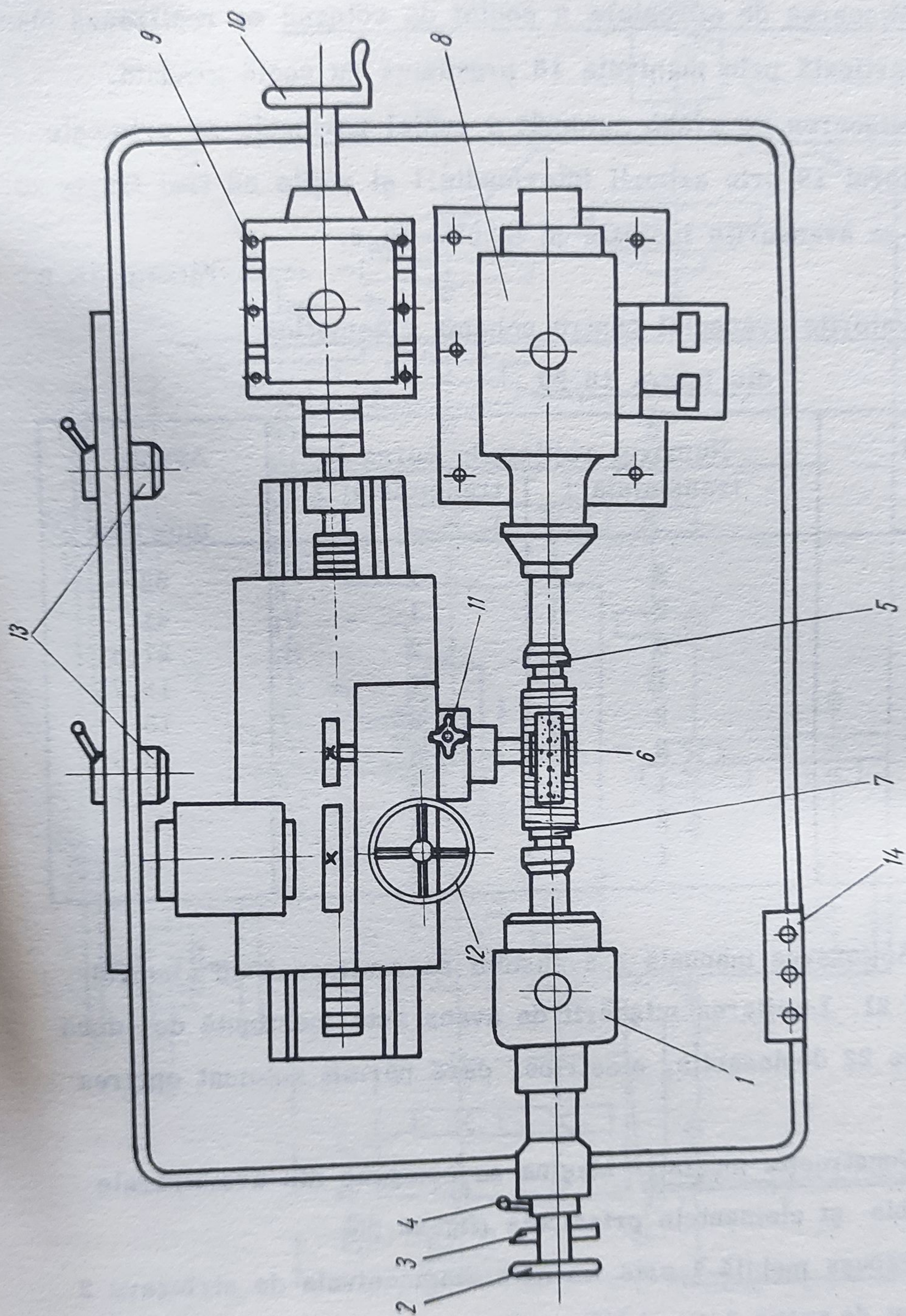


Fig. 16.30. Vedere de sus a maginii de rotunjit cu scule cu diamant.



sesc roțile dințate pentru transmiterea mișcării de rotație a arborelui portcoloană.

Păpușa fixă 8 are în interior roțile pentru transmiterea mișcării de rotație a arborelui portpiesă.

Sania pentru avans automat 9 este prevăzută cu roți pentru realizarea treptelor de avans necesare și cu arborele conducător cu manivelă 10 pentru avans manual.

Sania portsculă 11 este prevăzută cu posibilități de apropiere manuală a sculei față de coloană cu ajutorul manivelei 12. Limitarea mișcării de avans se realizează prin limitatoarele 13. Comanda electrică se realizează prin comutatorul principal 14 prevăzut cu trei clape. Una din clape acționează motorul de răcire, motorul pentru avans stînga și rotire stînga.

Clapa din mijloc oprește mașina, iar clapa din dreapta acționează mișcarea de avans dreapta-stînga a motorului pentru acționarea sculei și a motorului pompei de răcire.

Modul de reglare a mașinii. În acest scop se procedează astfel:

- se verifică coaxialitatea păpușilor mobilă și fixă cu ajutorul unei coloane prin verificare cu comparatorul cu cadran;
- se fixează piesele neblockate, cu ajutorul unui echer între cele două pastile de strîngere și antrenare a coloanei ;
- se execută strîngerea coloanei și se observă să fie coliniară și bine strînsă;
- se apropie scula și se fixează adîncimea de așchiere;
- se acționează rotirea coloanei pentru a se observa dacă este bine strînsă și dacă nu are bătaie axială;



- se stabilește avansul în funcție de diametrul coloanei de piese (v. tabelul 16.8) și se aranjează curelele conform schemei;
- se lasă în jos capacul de protecție, se acționează răciră și rotirea sculei, apoi se angrenează avansul automat;
- după terminarea unei treceri se fixează limitatoarele de cursă, se introduce o nouă adâncime de așchiere și se acționează clapa din stînga pentru punerea în funcțiune a motorului sculei, motorului pompei și a avansului automat stînga-dreapta;
- se verifică diametrul și se stabilește reglajul definitiv pentru diametrul cerut.

Pentru buna funcționare și întreținere a sculei și mașinii se recomandă:

- scula să lucreze numai în condiții de răcire abundentă cu ulei pentru mecanisme fine (nu se admite prelucrare fără răcire);
- arborele broșei portsculă se va feri de lovituri, șocuri și se întreține conform instrucțiunilor mașinii;
- suprafețele de alunecare ale mașinii se curăță zilnic de nămolul de sticlă și se gresează toate locurile de ungere;
- decantorul de răcire se va curăța zilnic (preferabil înainte de începerea lucrului).

Regim de lucru. Turația sculei  $n = 5\ 200$  rot/min și diametrul sculei  $D = 100$  mm asigură o viteză de așchiere rezultată din relația:

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1\ 000 \times 60} = \frac{3,14 \times 100 \times 5\ 200}{1\ 000 \times 60} = 27 \text{ m/s.}$$

Avansul se ia în funcție de diametrul de prelucrat și de durtatea materialului, conform tabelului 16.7 ( $s = 2,35 \dots 82$  mm/min).



Adâncimea de aşchiere maximă la o trecere este de  
 $t = 2 \text{ mm}$  (pe rază).

Timpul de prelucrare a unei coloane este, în funcţie de avansul ales, de 2 la 8 min.

16.4.6. Maşina de frezat universală. Prelucrarea prismelor cu scule cu diamant se poate realiza, de asemenea, după un procedeu identic cu cel folosit pentru rotunjirea coloanelor. Maşina este de aceeaşi construcţie cu cea pentru rotunjit, cu deosebirea că partea de antrenare din dreapta (v. fig. 16.30) este înlocuită cu un cap divizor optic de precizie.

Mişcarea de rotaţie a coloanei este deci înlocuită cu rotirea coloanei de prisme la unghiul necesar, după terminarea prelucrării fiecărei suprafeţe.

Pentru prelucrarea suprafeţelor plane şi paralele, suprafeţele unghiulare, executarea canalelor profilate, rotunjirea capetelor şi debitarea prismelor se foloseşte maşina de frezat universală. Această maşină-unealtă, datorită subansamblurilor, care sînt unităţi de forţă individuale ce se montează pe maşina de bază, este multilateral folosită la prelucrarea pieselor optice.

Mişcarea principală de rotaţie o are freza, iar mişcarea secundară de avans o dă masa automat.

Caracteristici tehnice ale maşinii de frezat universală. Caracteristicile tehnice ale maşinii de bază şi ale unităţilor de forţă ce se montează pe maşina de bază sînt următoarele:

Pentru maşina de bază:

- |                                 |               |
|---------------------------------|---------------|
| - cursa maximă a saniei mobile  | 310 mm;       |
| - lungimea maximă de prelucrare | 250 mm;       |
| - mărimea mesei maşinii         | 260 x 160 mm; |



- timp de execuție reglabil 80 s - 12 min;  
fără trepte (60 s - 4 min);
- puterea motorului 0,4 kW;
- cursa de lucru necesară se realizează prin limitatoare de cursă reglabile care sînt montate pe partea posterioară a mașinii;
- viteza de avans a mesei se reglează manual;
- suprafața ocupată de mașină 1 000 x 750 mm;
- masa mașinii 250 kg.

Pentru unitatea de frezat orizontală:

- turația arborelui portsculă 4 500 rot/min;
- puterea motorului 0,55 kW ;
- diametrul maxim al sculei 50 mm;
- deplasarea maximă verticală manuală 70 mm;
- deplasarea longitudinală maximă 120 mm;
- precizia deplasărilor  $1/100 = 0,01$  mm;
- la o rotație a tamburului corespunde o deplasare de 1 mm.

Pentru unitatea de frezat la unghi:

- turația arborelui portsculă al mașinii 4 500 rot/min;
- puterea motorului 0,55 kW;
- diametrul maxim al frezei 55 mm;
- domeniul de reglare unghiular  $20^{\circ}$ - $60^{\circ}$ ;
- precizia de citire unghiulară  $30''$ ;
- deplasarea transversală a sculei 70 mm;
- precizia de citire 0,01 mm;
- la o rotație a tamburului corespunde o deplasare de 1 mm.



Pentru unitatea de tăiat:

- turația arborelui portsculă 1 400 rot/min;
- puterea motorului 0,4 kW;
- diametrul maxim al discului de debitare 150 mm.

Pentru unitatea de frezat verticală:

- turația arborelui portsculă 4 500 rot/min;
- puterea motorului 0,55 kW;
- diametrul maxim al frezei 50 mm.

Pentru dispozitivul de rectificat rotund:

- lungimea maximă a coloanei 150 mm;
- diametrul maxim de prelucrat 50 mm;
- diametrul sculei 75 mm;
- turația arborelui portpiesă 100 rot/min;
- puterea motorului 0,2 kW.

Schema cinematică și descrierea funcționării mașinii.

Mașina de bază (fig.16.31) se compune dintr-un batiu 11 de construcție închisă, în care este amplasată acționarea mecanică și electrocomanda. Pe o tavă masivă fixă 12 care închide batiul mașinii, în partea superioară este așezată o masă mobilă 4, pe ghidaje longitudinale 7 de mare precizie. Pe sanie se găsește blocată prin șuruburi 8 masa propriu-zisă pe care se fixează dispozitivele cu piese de prelucrat. Acestea se construiesc corespunzător cu forma și precizia cerută pentru piesele care urmează a fi prelucrate.

Masa mobilă 4 a mașinii este acționată de un motor 1 cu reductor reglabil fără trepte, care este amplasat în batiul mașinii, prin pinionul 2 și lanțul cu role 3. Viteza de avans a mesei se reglează manual prin roata de mână 5.



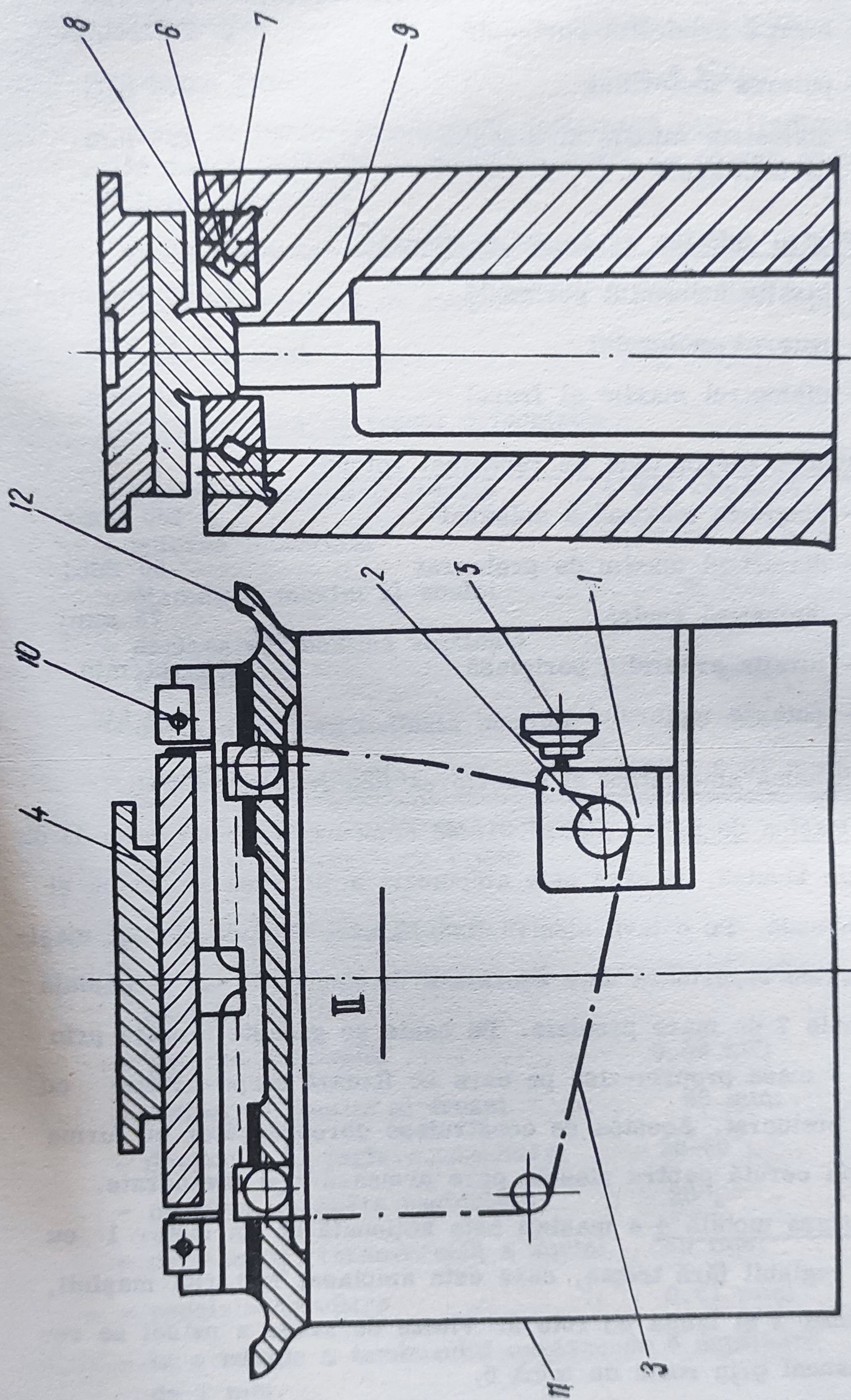


Fig. 16.31. Secțiuni prin mașina de bază a mașinii de frezat universală.



Pentru a se realiza o bună mobilitate și în același timp o rigiditate mare a mesei mobile, aceasta este montată pe lagăre cu role 6, care sînt plasate în cruce și rulează pe șine de ghidare 7 călite și rectificate, pentru un avans lin al mesei. Pentru reglarea șinelor după uzare, ele se pot demonta din șuruburile 8 și 9 și după reglare se pot monta la loc.

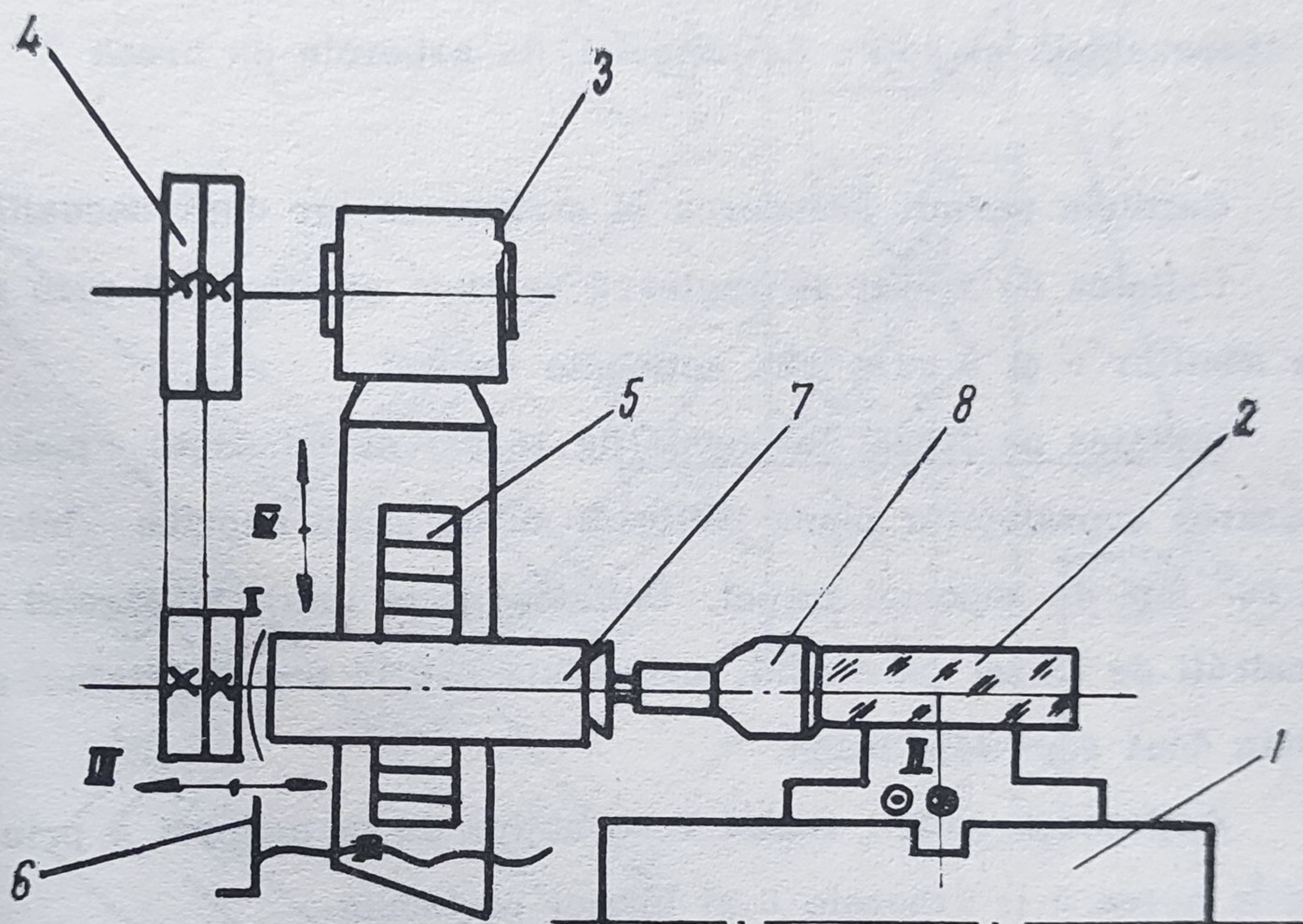


Fig. 16.32. Unitate de frezat universală:  
I- mișcarea principală de rotație a sculei; II-mișcarea de avans a mesei; III și IV- mișcări secundare de avans.

Cursa de lucru necesară a mesei portpiesă se reglează prin opritoarele 10, care sînt montate pe partea posterioară a mașinii în ambele extremități ale mesei mașinii.

Opritoarele acționează întrerupătoarele de sfîrșit de cursă care opresc automat mișcarea mesei.

Unitatea de frezat orizontală (fig. 16.32) se folosește pentru frezarea plană a suprafețelor piesei 2 care sînt așezate la  $90^{\circ}$  față



de suportul mesei 1. Unitatea poate lucra în paralel și cu o altă unitate de frezat orizontală, verticală, sau unghiulară, realizându-se din aceeași mișcare a mesei prelucrarea a două suprafețe plane simultan.

Cu această unitate se pot executa și operații de frezare pentru canale sau alte operații asemănătoare.

Mișcarea de rotație se transmite de la motorul 3 prin curea trapezoidală și roțile de curea 4, la arborele cu broșa 7 și scula 8.

Curelele permit întinderea și strângerea lor după necesități.

Unitatea de frezat se reglează vertical și orizontal prin ghidajele săniilor 5 și 6 care sînt acționate manual.

Unitatea de frezat la unghi (fig.16.33) se folosește pentru prelucrarea suprafețelor plane înclinate cu un unghi cuprins între  $30^\circ$  și  $60^\circ$  față de suportul mesei. Unitatea poate lucra în paralel cu alte unități de frezat (verticală, orizontală sau la unghi) obținându-se simultan două suprafețe plane.

Acționarea rotirii sculei 7 se obține de la motorul 4 prin roțile de curea 5 la arborele 6 al broșei portsculă.

Prin săniile de ghidare, prevăzute cu roțile de mîna 8 și 9, se realizează mișcarea de reglare a sculei pe o direcție perpendiculară pe suprafața de prelucrat și mișcarea de reglare laterală longitudinală a unității.

Unitatea se reglează la unghi, în mod grosolan, prin pîrghiile 10 și 12 și manivela 13, prevăzute cu o scală unghiulară, și fin cu ajutorul unui inel moletat 14 și comparator cu cadran 11, cu o precizie de citire de  $30''$ . Reglarea la unghi se poate executa mai precis cu ajutorul prisme etalon, executată foarte exact la unghiul prescris.



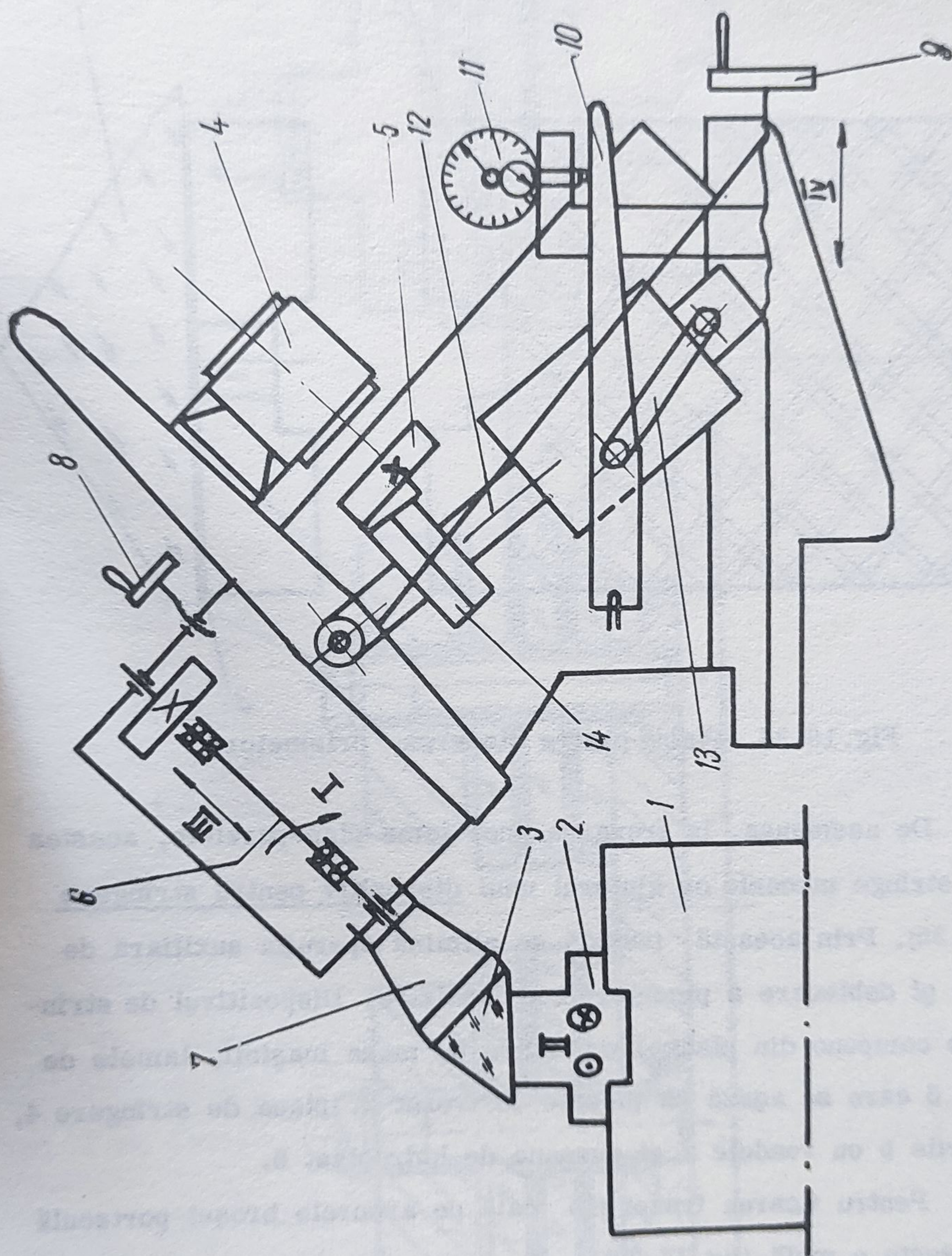


Fig. 16.33. Schema cinematică a unității de frezat la unghi; I- mișcarea principală de rotație a sculei; II- mișcarea de avans a mesei; III și IV- mișcări secundare de reglare.



Prisma 2 pentru prelucrat se prinde pe masa mașinii de bază 1 cu ajutorul plăcii de blocare 1 (fig.16.34) cu mastic 3.

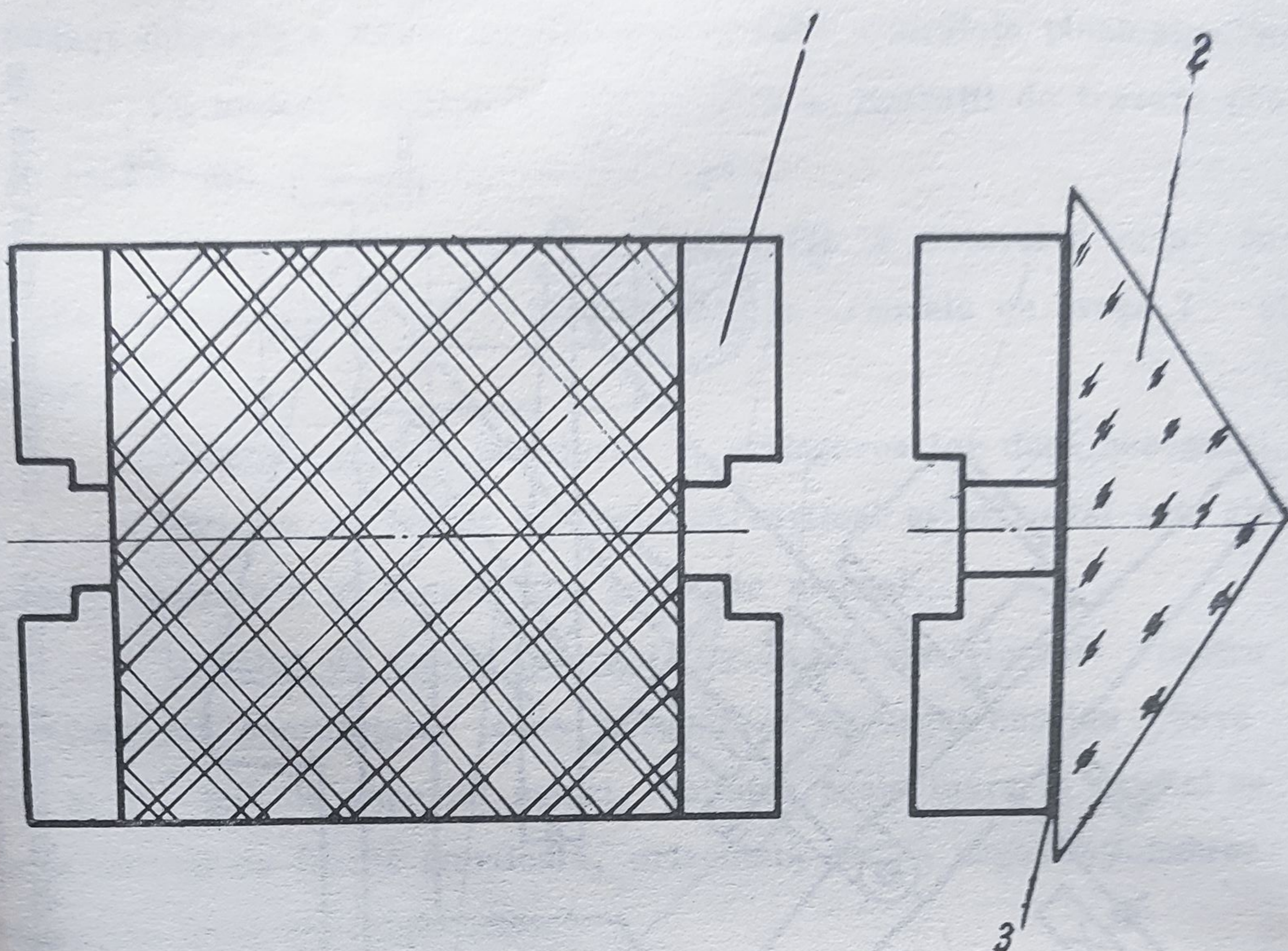


Fig.16.34. Placă pentru blocarea prismelor.

De asemenea, la frezarea unor lame plan-paralele, acestea se pot strânge mecanic cu ajutorul unui dispozitiv pentru strângere (fig.16.35). Prin această metodă se elimină operația auxiliară de blocare și deblocare a pieselor prin încălzire. Dispozitivul de strângere se compune din placa 1 de fixare pe masa mașinii, lamele de textolit 3 care se așază pe piesele de frezat 2, placa de strângere 4, șuruburile 5 cu rondelile 7 și cureaua de hidroplast 6.

Pentru fixarea frezei tip oală pe arborele broșei portsculă se folosește o mufă (fig.16.36).

Unitatea de tălat (fig.16.37) se folosește pentru debitări în felii a sticlei optice din bloc sau pentru canale precise în linie



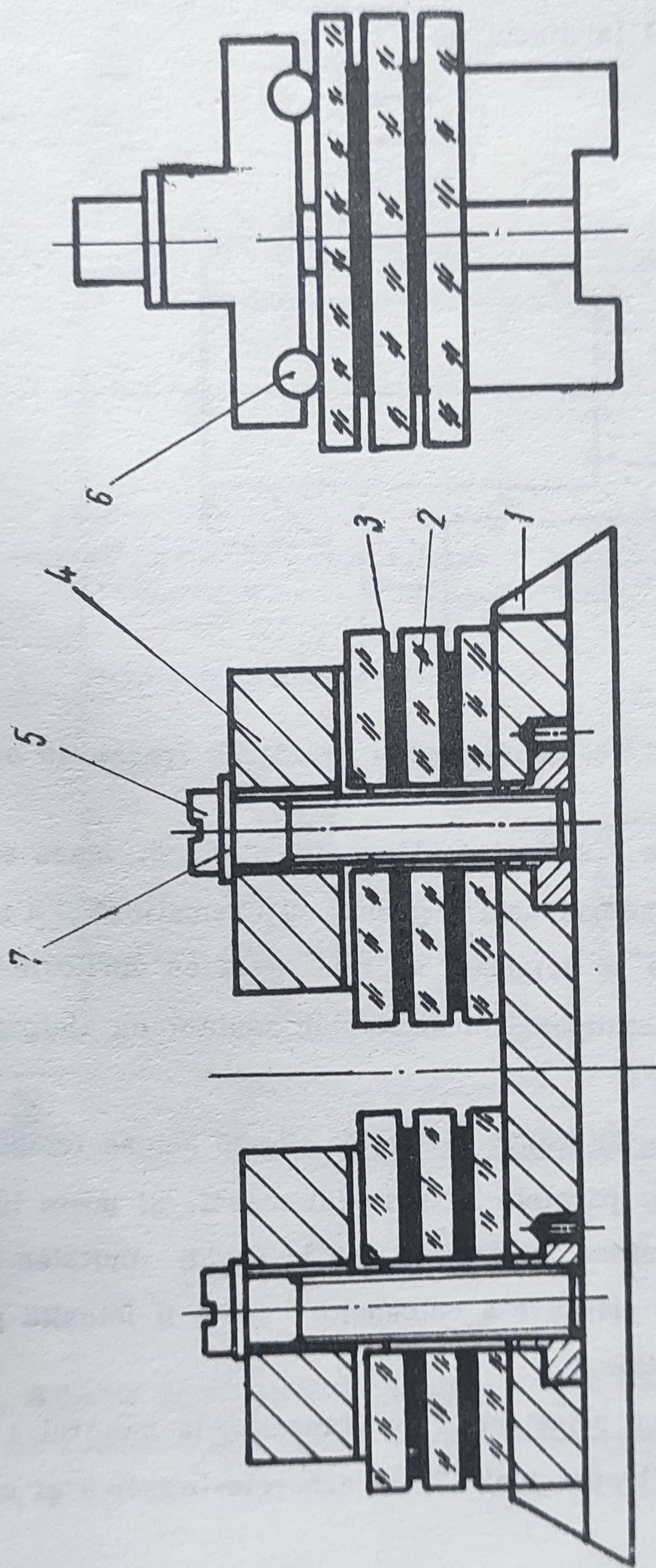


Fig. 16.35. Dispozitiv pentru strângere.



dreaptă pentru diferite tipuri de piese. Mișcarea principală de rotire se transmite de la motorul 1 prin transmisia cu curea trapezoidală 2, la broșa 3 și apoi la discul de tăiat 4.

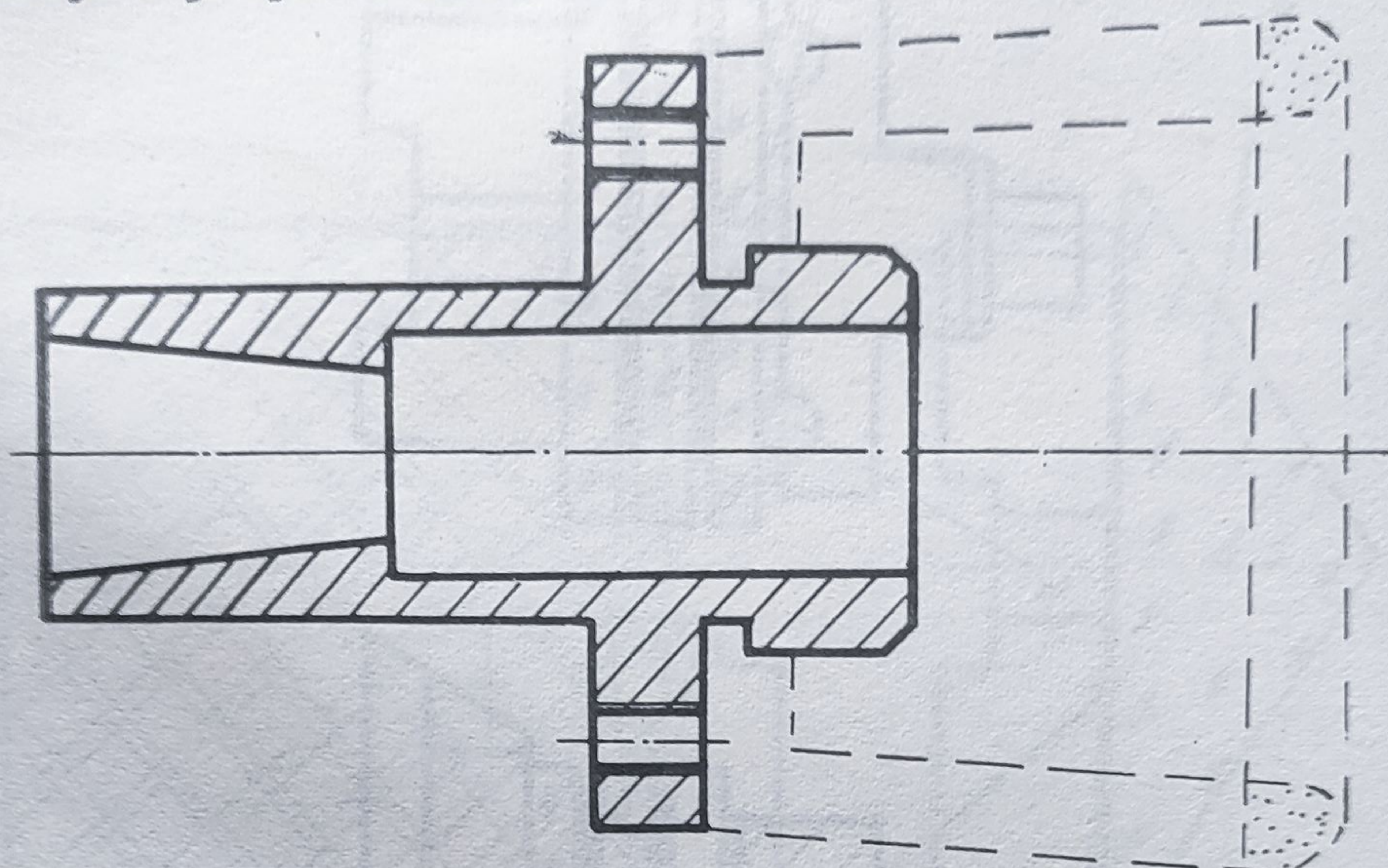


Fig. 16.36. Mufă pentru prinderea frezei tip oală.

Pe masa 6 se așază blocul din sticlă 5. Masa se reglează în înălțime cu ajutorul unui angrenaj cu cremalieră și a manivelei 10. Limitarea cursei pe verticală se realizează cu opritorul 11. Mișcarea laterală se realizează manual prin sania 7 cu ajutorul manivelei 8.

Unitatea de frezat verticală (fig. 16.38) se folosește pentru prelucrări plane, paralele cu suportul mesei, și poate lucra simultan și cu altă unitate (orizontală sau la unghi). Unitatea combinată cu un dispozitiv de prindere a coloanelor poate fi folosită pentru rotunjiri de piese optice.

Mișcarea principală I se transmite la motorul 1 prin transmisia cu curea trapezoidală 2, la arborele broșei 3 și apoi la scula 4.



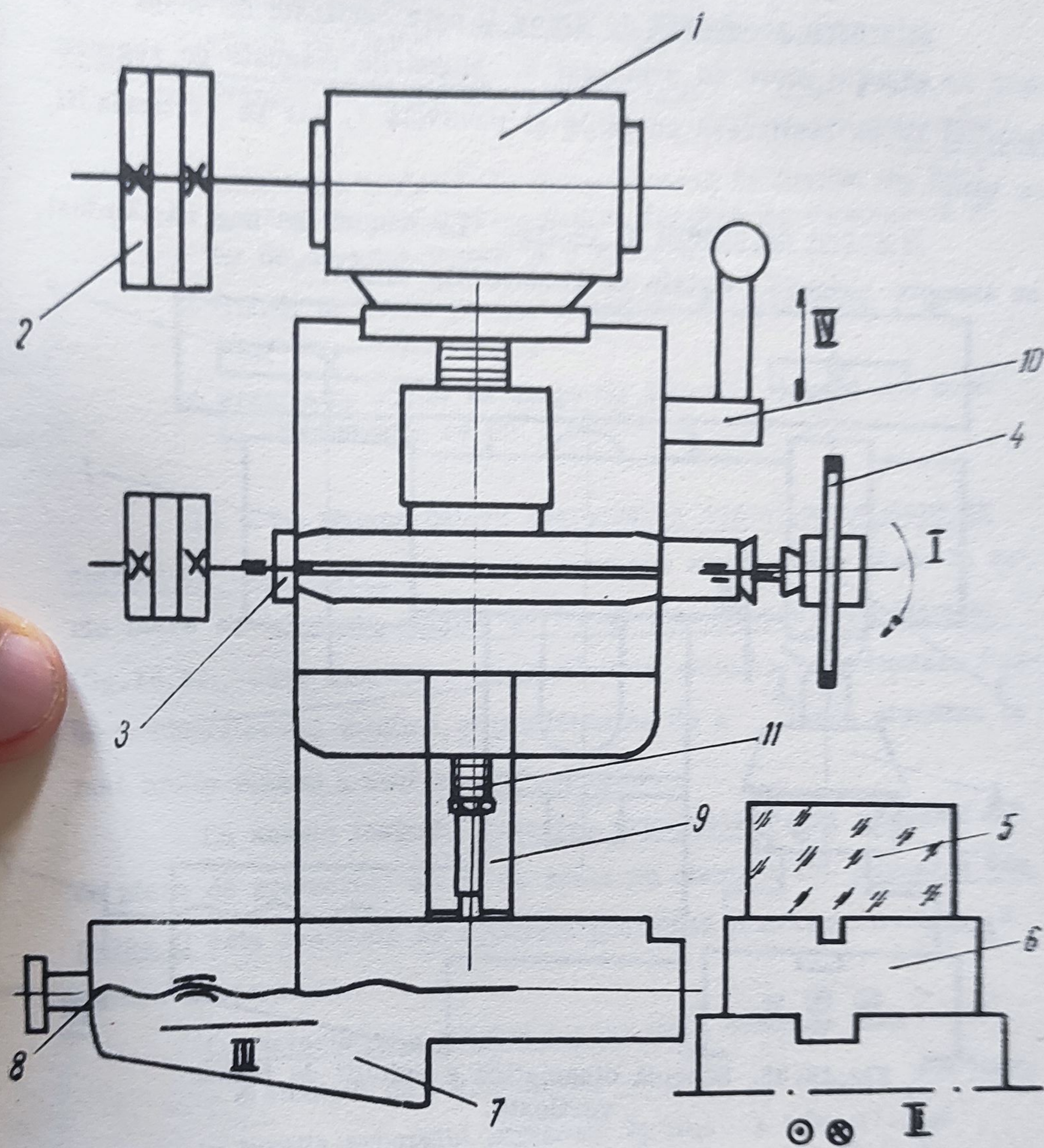


Fig.16.37. Schema cinematică a unității de tăiat: I- mișcarea principală de rotație a sculei; II- mișcarea de avans automat a mesei; III și IV- mișcări secundare de reglare.



Mișcarea secundară de avans II este realizată de masa 6, pe care se găsește piesa de prelucrat 5. Mișcările manuale de reglare laterală IV se realizează cu sania și manivela 7, iar pe verticala III, cu sania 8.

Sistemul de ungere și răcire. La mașină se ung săptămânal, cu unsoare specială, riglele de ghidare ale saniei.

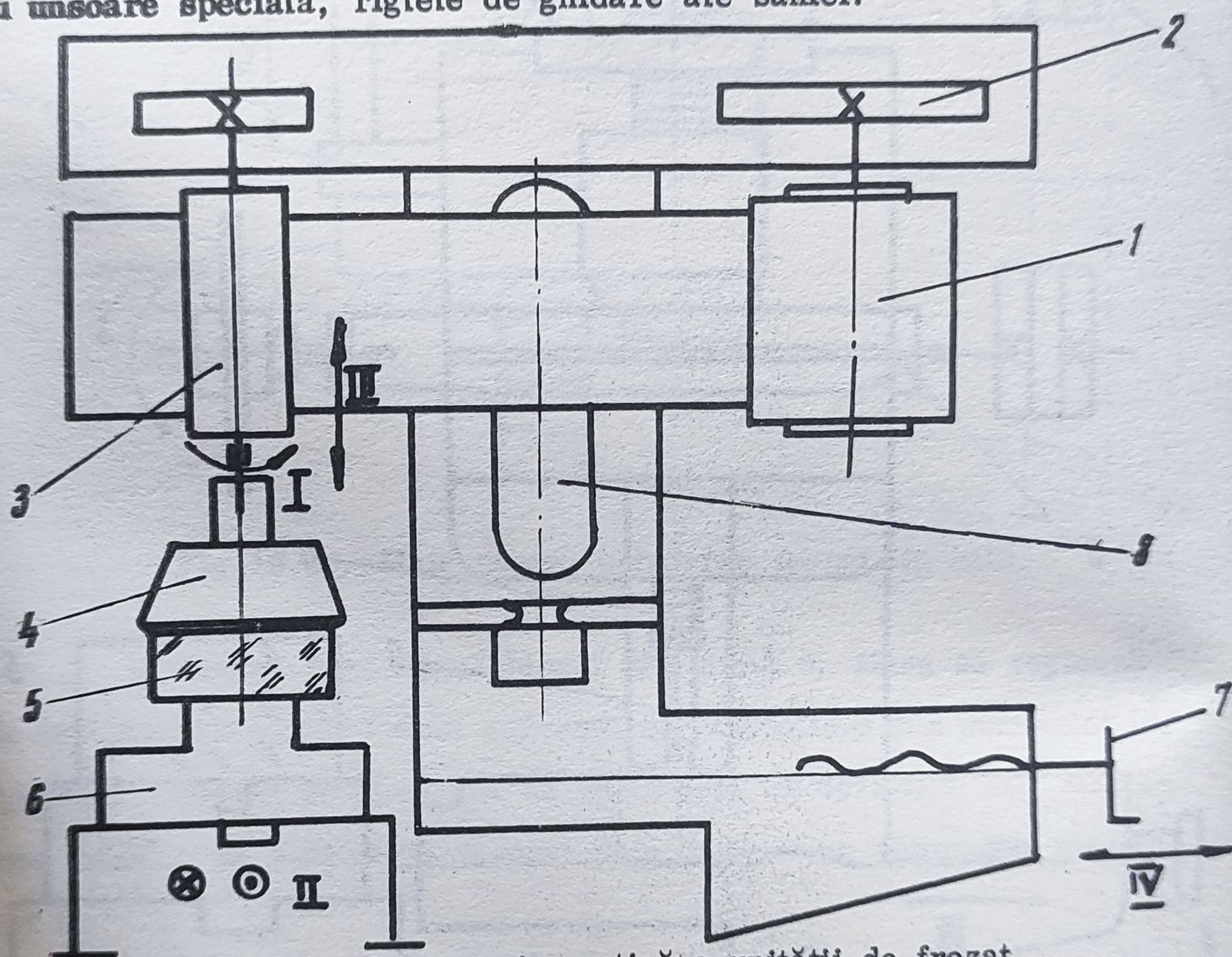


Fig. 16.38. Schema cinematică a unității de frezat verticală.

Uleiul utilizat la reductorul fără trepte este ulei 403 (castrol) și se schimbă la 1 000 ore de funcționare.

Ca agent de răcire se întrebuințează ulei de mecanisme fine, aspirat de la un decantor de 60 litri cu o pompă cu un debit de 40 l/min.



Regim de lucru. Se recomandă următorul regim de lucru:

- viteza periferică 20-25 m/s;
- avansul de lucru al mesei variabil 0,4- 2 mm/s  
(20-120 mm/min);
- adâncimea maximă de lucru variază în funcție de felul unității de prelucrare: pentru frezare se recomandă să nu depășească 2 mm la o trecere;
- timpul de lucru pentru o trecere variază între 2 și 10 min;
- granulația sculei se alege de 100-120, liantul din bronz și concentrația de 90.

16.4.7. Mașina pentru prelucrarea suprafețelor plane și sferice cu rază mare. Pentru prelucrarea suprafețelor plane în serie mare se folosește mașina de frezat plan cu scule cu diamant (fig.16.39), care asigură o productivitate ridicată, o solicitare fizică a muncitorului minimă și posibilitatea de a lucra simultan la mai multe mașini a unui singur muncitor.

La aceste mașini, mișcarea principală I este realizată atît de piesa de prelucrat, cît și de scula cu diamant 13. Mișcarea de avans II este realizată de arborele portpiesă prevăzut cu cama 5 pentru avans axial.

Caracteristicile tehnice ale mașinii. Acestea sînt:

- diametrul de lucru maxim 400 mm;
- turația arborelui portsculă în trei trepte 1 280, 1750 și 2 500 rot/min;
- turația arborelui portpiesă 0,15-1,5 rot/min;
- timp de lucru reglat, cu variator continuu tip PIV, pentru reglarea turației arborelui portpiesă 2-26 mm;
- avansul maxim de prelucrare cu cama de avans 6 mm;







- rotații pe ciclu 3; 4 și 6;
- deplasare manuală transversală  
cu șurub conducător, a păpușii  
portsculă maximum 80 mm;
- precizia 0,02 mm;
- deplasare unghiulară  $0-47^{\circ}$ ;
- precizia deplasării păpușii portsculă  $1'$ ;
- deplasarea longitudinală a păpușii  
portpiesă maximum 140 mm;
- precizia deplasării 0,02 mm;
- puterea motorului de acționare  
a arborelui portpiesă 0,5 kW;
- turația arborelui motorului de  
de acționare a portpiesei 1 400 rot/min;
- puterea motorului de acțio-  
nare a sculei 1,2 kW;
- turația arborelui motorului de  
de acționare a sculei 2 800 rot/min;
- arborele broșei sculei TS 80 x 280 mm;
- filetul arborelui de fixare a  
platoului cu plese M 60;
- gabarit 1 000 x 1 500 x  
x 1 200 mm;
- masa mașinii 800 kg.

Mașina poate fi folosită și pentru frezări la rază pentru  
plese individuale cu diametrul de 70-400 mm cu raza de 45 -  $\infty$ .

Se folosesc freze cu diamant tip oală, cu diametre de la  
50 pînă la 250 mm, granulația D100, concentrația 100, liant din  
bronz cu suport din oțel.

Schema cinematică. Mașina de frezat plan se compune din  
păpușa fixă 1, capul pivotant 2 și batiul 3.



În păpușa fixă 1 sînt montate toate elementele care asigură mișcarea de rotație și avans a arborelui portpiesă și anume: diferențialul 4 cu cama clopot 5, care, prin piesa de legătură 6, deconectează motorul după terminarea fazei de lucru.

Tot în păpușa fixă este montat schimbătorul de viteze 7 cu roți dințate, cu care se pot regla turațiile pe durata de ciclu a mașinii și angrenajul cu melc 8, care transmite mișcarea de la motor la diferențialul 4.

Prin dispozitivul de reglare de precizie 9 se produce mișcarea longitudinală de avans a păpușii fixe. O rotație completă deplasează păpușa fixă cu 1 mm. Se obține printr-un inel cu scală gradată o precizie de avans de 0,01 mm.

Păpușa fixă este prevăzută cu un excentric cu știft de indexare 22 care reglează cursa camei și dă posibilitate să se utilizeze ciclul complet pentru fiecare adîncime de așchiere dorită.

Mișcarea de rotație a sculei este realizată în capul pivotant 2 de următoarele elemente: de la motorul 10, mișcarea se transmite prin roțile de curea 11 la broșa 12 și apoi la scula cu diamant 13 prevăzută cu posibilități de reglare a centrării printr-un excentric.

Capul pivotant 2 este montat pe ghidaj în coadă de rîndunică, putînd să fie deplasat transversal pe ghidaj cu ajutorul șurubului conducător 14, prevăzut cu o tijă micrometrică și cu avans fin.

Capul pivotant se poate roti în jurul punctului de pivotare 15. Pentru măsurarea rotirii, este prevăzut cu o scală gradată 23 și cu o transmisie cu melc 16, prevăzută cu vernier pentru rotire fină (precizie 1').

În batiul 3 este montat motorul de acționare 17 al arborelui portpiesă, care prin variatorul continuu 18 de tip PIV asigură și



mișcarea de avans longitudinală a păpușii fixe. Cu manivela 19 se reglează fără trepte durata ciclului de lucru prin intermediul variatorului PIV.

Butonul de comandă 20 permite reglarea turației diferențialului 4, ceea ce asigură și reglarea duratei ciclului de lucru.

Pentru deplasarea rapidă a păpușii fixe se folosește angrenajul cu cremalieră 21.

Știftul de indexare 22 permite blocarea păpușii fixe în poziția de lucru și deblocarea, prin acționarea pedalei de picior 24. Pompa și decantorul cu lichid de răcire asigură răcirea sculei în timpul lucrului. Ea se găsește în exteriorul mașinii împreună cu filtrul și carcasa pentru oprirea vaporilor care ar putea pătrunde în atmosfera camerei.

Modul de reglare a mașinii pentru prelucrarea suprafețelor sferice. Determinarea unghiului de înclinare a capului pivotant 2, în funcție de raza de executat, se obține prin calcul, folosind următoarele relații:

- pentru suprafețe  
convexe

$$\sin \alpha = \frac{D}{2(R + r)}$$

- pentru suprafețe  
concave

$$\sin \alpha = \frac{D}{2(R - r)}$$

în care:

$\alpha$  este unghiul de înclinare a capului pivotat, care se poate citi cu o precizie de  $1'$ , la vernierul angrenajului cu melc 16;

D - diametrul mediu al sculei cu diamant, care se alege mai mare cu 25% decât jumătatea diametrului piesei de prelucrat;

R - raza piesei de prelucrat;

r - raza sculei cu diamant.



Pentru verificarea unghiului  $\alpha$ , practic se folosește o lentilă etalon cu raza  $R$  pe baza căreia se înclină scula cu diamant.

Controlul razei plesii prelucrate 2 se realizează cu un dispozitiv clopot 1 (fig. 16.40), în care se fixează un comparator cu cadran, reglat după o piesă etalon.

Scula cu diamant se reglează la lungime după uzare numai axial și nu prin înclinare; unghiul strict necesar trebuie să rămână constant.

Punctul de contact între freza cu diamant și lentilă trebuie să se găsească pe arborele portlentilă. Freza se reglează axial cu ajutorul excentricului de la arborele broșei, în felul următor: se deblochează arborele sculei cu diamant și se reglează pe zero; se introduce în arborele sculei un dispozitiv cu comparator cu

cadran și se verifică excentricitatea față de arborele portpiesă în care se introduce o piesă etalon. Freza cu diamant nu trebuie să aibă o bătaie axială sau radială mai mare de 0,01 mm.

Al doilea element de reglare este reglarea la grosime, în conformitate cu desenul plesii. În acest scop:

Se desfac șuruburile de blocare ale păpușii fixe 1 (v. fig. 16.39) și se apropie plesa de sculă cu ajutorul angrenajului cremalieră 21 și a tijei șurubului micrometric 9. Se reglează adâncimea de așchiere cu

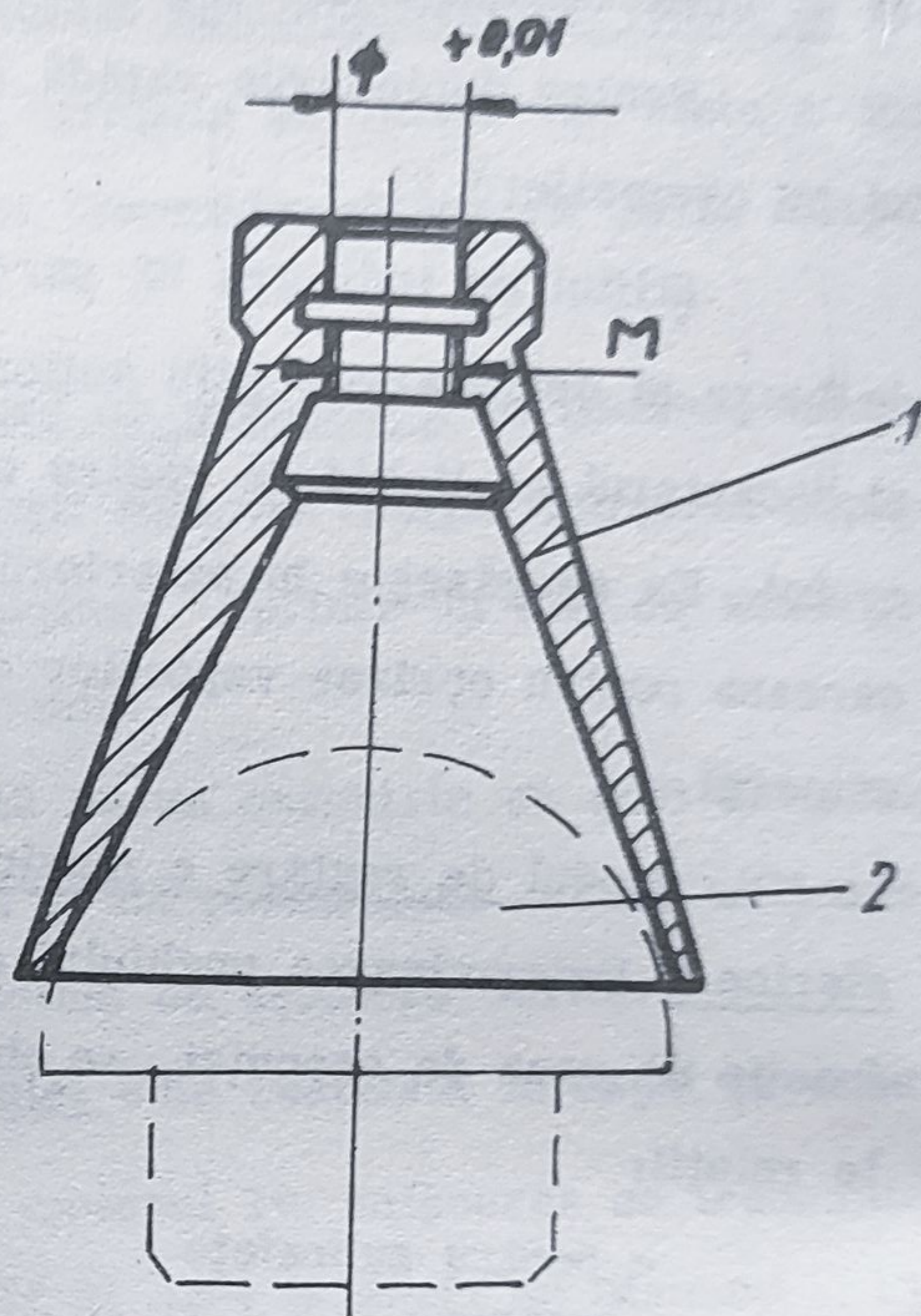


Fig. 16.40. Dispozitiv clopot pentru controlul razei.



ajutorul inelului scalei. Se retrage păpușa fixă și se reglează pînă la opritor pentru verificarea grosimii în timpul lucrului, cu comparatorul cu cadran 20.

Comutarea manivelei 4 pentru diferite turații se poate efectua atît cu mașina oprită, cît și cu ea în funcțiune.

La adîncimi mici de prelucrare se recomandă să se lucreze cu 2-3 rotații pe ciclul de lucru. La adîncimi mari sînt necesare 4-6 rotații pe ciclul de lucru, pentru ca adîncimea să se împartă la număr mai mare de rotații.

Înainte de pornirea mașinii trebuie să se observe ca în diferențial să fie ulei. Broșa sculei trebuie pornită și apoi lăsată să lucreze în gol pentru încălzire.

Piese se pot strînge individual în pensete, simultan în dispozitivul de blocare rigidă sau prin blocare pe plăci.

Pentru schimbarea pieselor de prelucrat se readuce păpușa fixă pînă la opritor, cu ajutorul angrenajului cu cremalieră, se blochează prin știftul de indexare și se declanșează prin pîrghia de picior. La deplasarea preliminară trebuie observat ca știftul de indexare să indexeze corect în locașul respectiv. Se pune în funcțiune mașina, se pornește scula cu diamant și se verifică dacă lichidul de răcire este alimentat corect și suficient.

Dacă nu există alimentare corectă cu lichid de răcire, datorită adîncimii prea mari de așchiere sau ciclului prea mic de lucru se procedează astfel: cu ajutorul pedalei 24 (fig. 16.39) se scoate știftul de indexare 22, se retrage păpușa fixă cu manivela cu șurub cu cremalieră 21 cu cîțiva milimetri, după care mașina poate funcționa în gol pînă la terminarea ciclului de lucru. Se corectează apoi, prin tija micrometrică 9, adîncimea de așchiere și se modifică timpul ciclului de lucru prin roata conică 19.



Timpul ciclului de lucru nu trebuie să se modifice niciodată cu mașina oprită.

Pentru a se regla cât mai scurt posibil drumul de parcurgere preliminară a arborelui portpiesă pînă la întîlnirea cu freza, se manevrează excentricul de la rola de copiere, care comandă deplasarea longitudinală a arborelui portpiesă. Știftul de indexare al comenzii excentricului trebuie să fie indexat conform adîncimii de așchiere prescrise.

Cifrele scalei numerotate corespund cursei aproximative a arborelui portpiesă în milimetri.

Întreținere și ungere. În acest scop:

- nivelul uleiului din păpușa fixă se controlează zilnic și se completează cu ulei cu viscozitatea  $E = 3,5$  la  $50^{\circ}\text{C}$ ;
- nămolul de sticlă se curăță zilnic din cada mesei;
- decantorul se curăță săptămînal;
- agentul de răcire poate fi un amestec de ulei (60%) cu petrol lampant (40%) sau ulei pentru mecanisme fine;
- suprafața mesei și suprafața de deplasare pentru capul pivotant se curăță și se ung zilnic.

Regim de lucru. În cazul prelucrării cu freză cu diamant la mașina de frezat plan, mișcarea principală este dată de rotația arborelui portpiesă cu turația  $n$ , iar mișcarea secundară de avans este dată de arborele portpiesă.

Viteza periferică realizată în timpul lucrului se calculează cu relațiile:

$$v_{bc} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1\,000} = \frac{3,14 \times 200 \times 1\,750}{1\,000} = 900 \text{ m/min},$$

$$v_p = \frac{\pi \cdot D_p \cdot n_a}{1\,000} = \frac{3,14 \times 400 \times 6}{1\,000} = 8 \text{ m/min},$$



în care:

- $v_{sc}$  este viteza periferică a sculei, în m/min;
- $v_p$  - viteza periferică a piesei, în m/min;
- $D$  - diametrul sculei, în mm;
- $n$  - turația sculei, în rot/min;
- $D_p$  - diametrul piesei de prelucrat, în mm;
- $n_a$  - turația arborelui portpiesă în rot/min.

(În exemplul de mai sus s-au luat pentru sculă  $D = 200$  mm și  $n = 1750$  rot/min, iar pentru piesa de prelucrat  $D_p = 400$  mm și  $n_a = 6$  rot/min.).

Calculul debitului de așchii frezate. Debitul de așchii frezate în unitatea de timp rezultă din volumul specific de așchii calculat cu relația:

$$V_s = q \cdot v = s \cdot t \cdot v \text{ cm}^3/\text{min},$$

în care:

- $q$  este secțiunea de așchiere, în  $\text{mm}^2$ ;
- $s$  - avansul, în mm/rot;
- $t$  - adâncimea de așchiere, în mm;
- $v$  - viteza de așchiere, în m/min.

Masa așchiilor de sticlă prelucrate pe oră la mașină rezultă din relația:

$$M = \gamma \cdot V_s \cdot \frac{60}{1\,000} \text{ kg/h.}$$

Exemplu. Dacă avansul  $s = 0,5$  mm/rot, adâncimea de așchiere  $t = 4$  mm, viteza de așchiere  $v = 8$  m/min  $\gamma = 2,53$  g/cm<sup>3</sup> (pentru sticlă optică BK7), rezultă o masă de așchii:

$$M = \gamma \cdot s \cdot t \cdot v \cdot \frac{60}{1\,000} = 2,53 \times 0,5 \times 4 \times 8 \times \frac{60}{1\,000} = 2,4 \text{ kg/h.}$$



16.4.8. Mașini pentru prelucrarea suprafețelor sferice cu rază mică și mijlocie. Pentru prelucrarea în serie mare a suprafețelor sferice cu rază mică și mijlocie se folosesc mașini de frezat cu diamant cu axa orizontală sau verticală.

16.4.8.1. Mașina orizontală de frezat sferic. Caracteristicile tehnice principale sînt următoarele:

- diametrul maxim de prelucrare 100 mm;
- diametrul minim de prelucrare 4 mm;
- diametrul frezei cu diamant maximum 63 mm;
- timpul de lucru reglat cu variator PIV 0,5-4 min;
- avansul maxim de prelucrare 3 mm;
- numărul de rotiri pe ciclu 4 ;
- deplasarea unghiulară a păpușii portsculă  $0-45^{\circ}$ ;
- precizia deplasării  $2^{\circ}$ ;
- turația sculei 12 000 rot/min
- turația arborelui motorului 3 000 rot/min;
- puterea motorului care acționează arborele portsculă 0,55 kW;
- turația motorului care acționează arborele portpiesă 1 000 rot/min;
- puterea motorului 0,3 kW;
- puterea motorului care acționează pompa 0,1 kW;
- debitul lichidului de răcire 40 l/min;
- capacitatea decantorului 180 l;
- gabarit 1 000x500x900 mm;
- masa mașinii 360 kg



Schema cinematică a mașinii orizontale de frezat sferic este asemănătoare cu mașina de frezat plan (v. fig. 16.39).

Regimul de lucru : datorită turației mari a arborelui portsculă se realizează o viteză de așchiere care depășește 38 m/s ; adâncimea maximă de așchiere este de 3 mm, iar avansul se recomandă între 0,1 și 0,5 mm/rot.

16.4.8.2. Mașina verticală de frezat sferic. Mișcarea principală I (fig. 16.41) este realizată prin rotirea arborelui portpiesă, iar mișcarea de avans II prin avans hidraulic al arborelui portpiesă. Datorită construcției simple și posibilității de prelucrare atât a razelor, cât și a suprafețelor plane, mașina este foarte mult folosită la prelucrarea pieselor optice.

Caracteristicile tehnice ale mașinii sînt următoarele:

- |   |                  |
|---|------------------|
| - domeniul de lucru   | 5 - 170 mm;      |
| - diametrul frezei cu diamant                                   | 6 - 90 mm;       |
| - turația arborelui motor al sculei                             | 2 800 rot/min;   |
| - puterea motorului de antrenare                                | 1,5 kW;          |
| - turația arborelui broșei sculei                               | 8 000 rot/min;   |
| - turația arborelui portpiesă                                   | 13 rot/min;      |
| - puterea motorului pentru acționarea arborelui portpiesă       | 1,1 kW ;         |
| - unghiul de înclinare a capului frezei                         | $0,45^{\circ}$ ; |
| - precizia de măsurare $\frac{1}{20} = 0,05$ mm, respectiv 1' ; |                  |
| - deplasarea longitudinală a capului de frezat                  | maximum 40 mm;   |
| - deplasarea transversală a capului de frezat                   | maximum 50 mm;   |



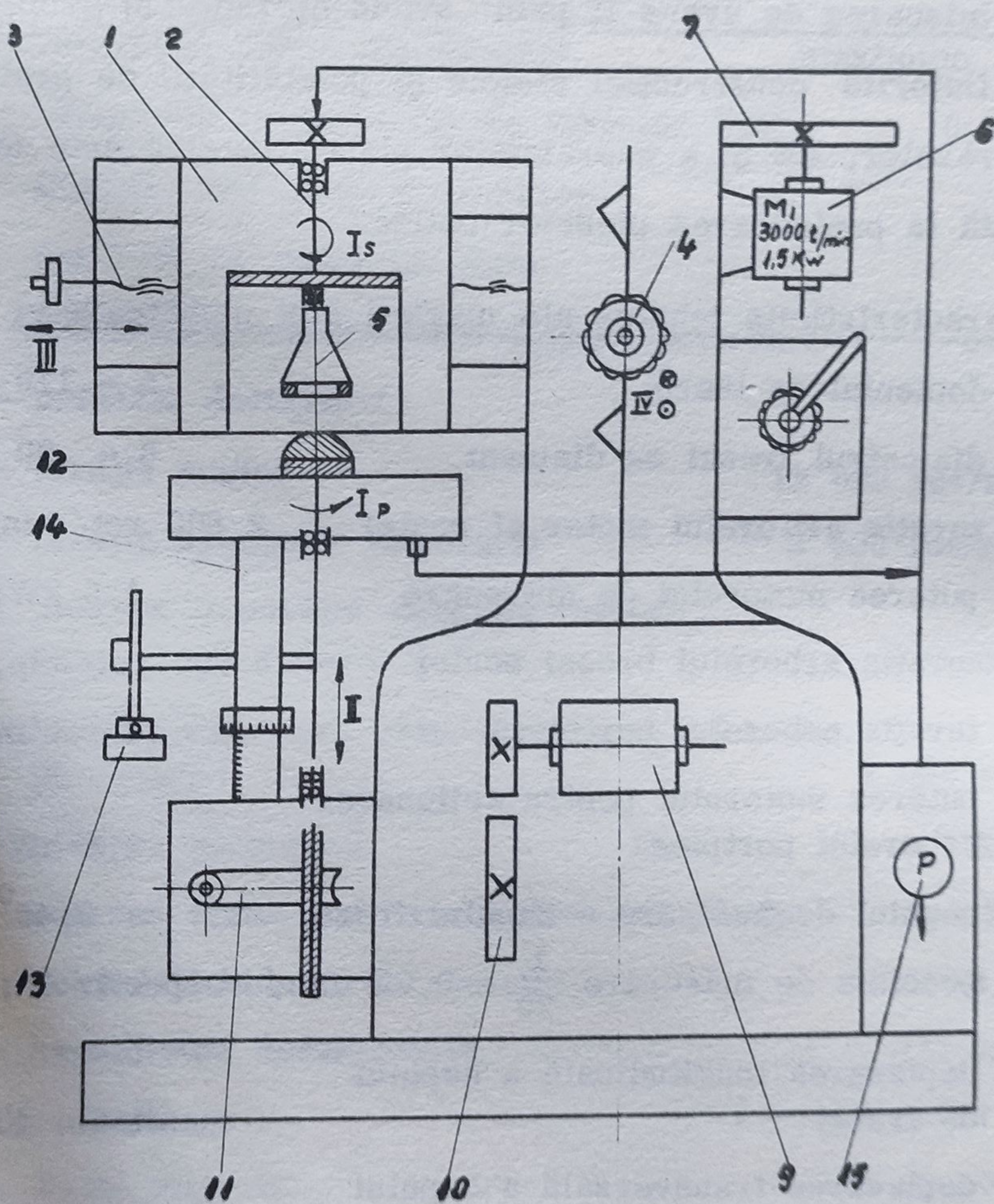


Fig. 16.41. Mașina verticală de frezat sferic.



- deplasarea verticală a arborelui portpiesă  
cu reglare hidrolică maximum 10 mm, ax  
cu cremalieră și contragreutate;
- puterea motorului pentru acționarea pompei 0,25 kW;
- turația motorului pentru acționarea pompei 1 000 rot/min;
- debitul pompei lichidului de răcire 40 l/min;
- capacitatea decantorului 90 l.

Mașina verticală de frezat sferic se compune din păpușa superioară 1, în care este montat arborele portsculă 2, cu sania de rotire a arborelui portsculă 3 și sania pentru mișcarea longitudinală 4.

Mișcarea de rotire I a sculei 5 se transmite de la motorul 6, prin transmisia cu cureaua trapezoidală 7, la arborele broșei.

Mișcarea de rotire I a arborelui portpiesă 12 se transmite de la motorul 9, prin transmisia 10 și arborele melcat 11.

Mișcarea de avans II este realizată manual prin manivela 13 și hidrolic automat prin cilindrul cu piston 14.

Răcirea se realizează prin centrul sculei de la pompa 15.

Poziția sculei cu diamant se reglează ținându-se seama că deplasările atât pentru prelucrările în convex, cât și în concav se realizează la aproximativ 0,5 din diametrul mediu al sculei.

Se deplasează prin sania 3 lateral dreapta pentru suprafețe convexe (de exemplu, scula cu diametrele de 37/33 mm se deplasează la 16,5 mm) sau lateral stînga pentru suprafețe concave (de exemplu, deplasare 18,5 mm).

Fiecare deplasare trebuie să fie egală cu jumătate din diametrul sculei cu diamant: pentru suprafețe convexe se socotește diametrul interior al sculei, iar pentru suprafețe concave cel exterior.



Inclinația capului portfreză se reglează în funcție de raza care trebuie realizată și de diametrul sculei.

În funcție de aceste valori, mașina este prevăzută cu tabele calculate pentru deplasări în milimetri la care corespund valori unghiulare ale înclinației.

Spre a se regla scula se procedează astfel:

- se desface fixarea rigidă a capului portfreză cu ajutorul pârghiei aflate în stînga mașinii;
- se fixează prin rotirea butonului de la sania 3 rotirea corespunzătoare înclinației luată din tabele;
- după reglare se blochează capul portfreză cu ajutorul mînerului, trăgînd înainte.

Pentru reglarea grosimii sticlei de obținut, respectiv a adîncimii de așchiere, se procedează astfel:

- se acoperă piesa cu un carton de 0,3 mm pentru a nu produce defecțiuni suprafeței piesei;
- se pune în contact piesa cu freza cu diamant prin intermediul manivelei cu contragreutate;
- se reglează și se strînge avansul manual;
- se reglează pe scală adîncimea de așchiere și cursa antrenată hidraulic;
- se pun în funcțiune motoarele și se reglează știftul pentru viteza de avans vertical;
- la atingerea adîncimii de așchiere dorite se aprinde automat un bec roșu de semnalizare;

- se ridică scula, se scoate piesa prelucrată și se introduce o altă piesă de prelucrat, ciclul repetîndu-se în continuare.

Pentru întreținerea mașinii verticale de frezat sferic se procedează astfel:



- sensul rotirii sculei cu diamant trebuie să fie invers sensului de rotire a arborelui portlentiță;
- lichidul de răcire întrebuințat este uleiul pentru mecanisme fine;
- decantorul se curăță săptămânal;
- se ung zilnic locurile de ungere special marcate ale mașinii.

Regimul de lucru se calculează astfel:

- viteza periferică a sculei se calculează cu relația:

$$v_{sc} = \frac{f \cdot D \cdot n}{1\ 000} = \frac{3,14 \times 90 \times 8\ 000}{1\ 000 \times 60} = 36\text{ m/s};$$

- avansul se alege  $s = 0,5\text{ mm/rot}$ ;
- adâncimea de așchiere maximă  $t = 10\text{ mm}$ ;
- timpul de lucru rezultă 0,3-3 min pe piesă prelucrată.

16.4.9. Mașini de lepuit plan și sferic cu pastile cu diamant. Creșterea cantității de piese necesare a fi prelucrate a dus la necesitatea de a găsi metode noi de prelucrare mai productive, care să asigure și calitatea (rugozitatea) suprafeței și reducerea timpului de lucru.

Mașinile care realizează această necesitate, reducând în continuare și timpul de polisare a suprafețelor sînt mașinile de lepuit.

Mișcarea principală este realizată de rotirea arborelui principal, iar mișcarea de avans este realizată de mișcarea de translație a antrenorului.

Caracteristici tehnice. Principalele caracteristici tehnice sînt următoarele:



- diametrul maxim al sculei de lepuit 500 mm;
- diametrul maxim de prelucrat 400 mm;
- înălțimea maximă a platoului cu piese 350 mm;
- turația excentricului 18 rot/min ;
- puterea motorului reductor al instalației 5 kW;
- deplasarea excentricului 0-50 mm;
- presiunea de lucru realizată pneumatic și reglabilă între 0,5 - 3 at 35-210 daN;
- timpul de lucru reglat prin releu de timp 0-6 min ;
- trepte de turație ale arborelui principal 225; 325; 450; 650 rot/min;
- diametrul știftului de antrenare 18 mm;
- filetul arborelui de lucru M 60.

Schema cinematică. Mișcarea principală I de rotație a arborelui principal pentru antrenarea platoului cu pastile 3 (fig.16.42) se transmite de la motorul 1, prin cureaua și roțile de curea 2. Mișcarea de rotație este imprimată și platoului cu piese de prelucrat 4, realizându-se astfel uzura uniformă la prelucrarea pieselor optice.

Mișcarea de translație II se transmite de la motorul 5, prin reductorul de turație 6, excentricul 7, la antrenorul 8, realizându-se astfel mișcarea de du-te-vino a platoului cu piese de prelucrat. Presiunea este realizată pneumatic de la ansamblul 9.

Răcirea se execută cu ajutorul pompei 10 cu decantor, prin centrul sculei de lepuire și prin centrul antrenorului, care este găurit, asigurând răcirea platoului cu piesele de prelucrat.

Tabloul de comandă 11 asigură menținerea în funcțiune a mașinii.

Manivela 12 asigură fixarea brațului de lucru 8.



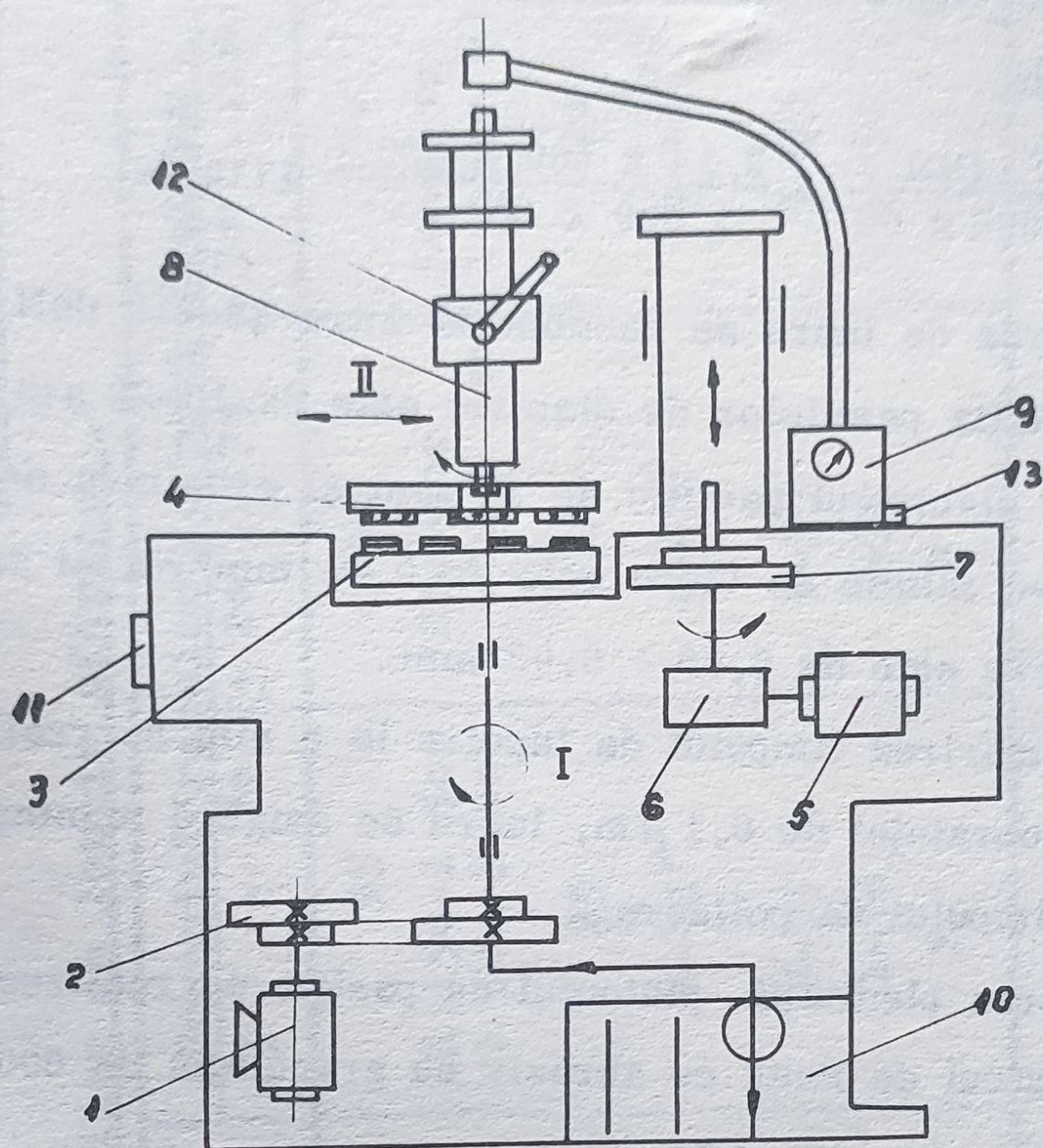


Fig. 16.42. Schema cinematică a mașinii de lepuit plan și sferic cu pastile de diamant.

Prin cama magnetică 13 se stabilește poziția finală a sculei de lucru 8.

Întreținerea mașinii. Motorul funcționează în lagăre cu bile și unsoare, care este suficientă pentru 1-2 ani. Recipientul cu agentul de răcire trebuie curățat la patru săptămâni pentru ca motorul să nu fie solicitat de nămolul format. Agentul de răcire este format din apă cu ulei special AC emulsionabil, în proporție de 1 la 60 ulei special.



Regimul de lucru. Turația arborelui de lucru este de 226 - 650 rot/min, rezultând o viteză periferică a platoului cu pastile calculată cu relația:

$$v_{\max} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1\,000 \times 60} = \frac{3,14 \times 500 \times 650}{1\,000 \times 60} = 17 \text{ m/s.}$$

Apăsarea de lucru se recomandă între 32-210 daN.

Granulația pastilelor de diamant este de 10-20  $\mu\text{m}$ , liantul din bronz, iar diametrul pastilei de 10 mm și grosimea de 3 mm.

Avansul minim de lucru este de 0,01 mm/rot și adâncimea maximă de lucru este de 0,06 - 0,08 mm.

Prin mărirea timpului de lepuire la 6 min se realizează o rugozitate a suprafeței de 0,1  $\mu\text{m}$ , lucru ce asigură o micșorare ulterioară a timpului de polisare.

Reglarea planității platoului cu pastile se realizează prin șlefuire pe platoul de fontă cu abraziv cu granulația de 600 și verificare cu comparator cu punte.

16.4.10. Mașini de lepuit sferic. Aceste mașini se clasifică după mărimea razei calotei sferice care se prelucurează și după diametrul maxim al piesei de prelucrat în mașini de lepuit sferic pentru raze de  $\pm 3 \dots 50$ ,  $\pm 20 \dots 75$  și  $\pm 30 \dots 100$  mm.

Principiul de lucru pentru toate aceste categorii de mașini este asemănător, variind numai forma și dimensiunile mașinii.

Mișcarea principală este dată de rotirea sculei de lepuț fixată pe arborele principal, iar mișcarea secundară, de un excentric pentru realizarea translației dispozitivului cu piese.

Caracteristici tehnice. Acestea sînt indicate în tabelul 16.9.



Table 1 16.9

Caracteristici tehnice ale mașinilor de lepuit sferice

Caracteristici tehnice	Unitate de măsură	Domeniul razelor de prelucrat mm	
		+ 3 ... 50	+ 20 ... 75 + 30 ... 100
Diametrul platoului	mm	95	140
Turația arborelui portsculă	rot/min	1 150-1 500 2 300-3 600	250-500 1 000-2 000
Frecvența de oscilație a arborelui portpiese	course/min	25	20
Unghi de oscilație	grade	0-45°	0-45°
Forța de apăsare la presiunea de 1,5-6 at	daN	5-39	5-35
Timpul de lucru	min	1-30	1-30
Puterea motorului	kW	2	4



Schema cinematică. Mișcarea principală I se transmite de la motorul 1, prin curelele trapezoidale și roțile 2 la arborele portsculă 3 (fig.16.43).

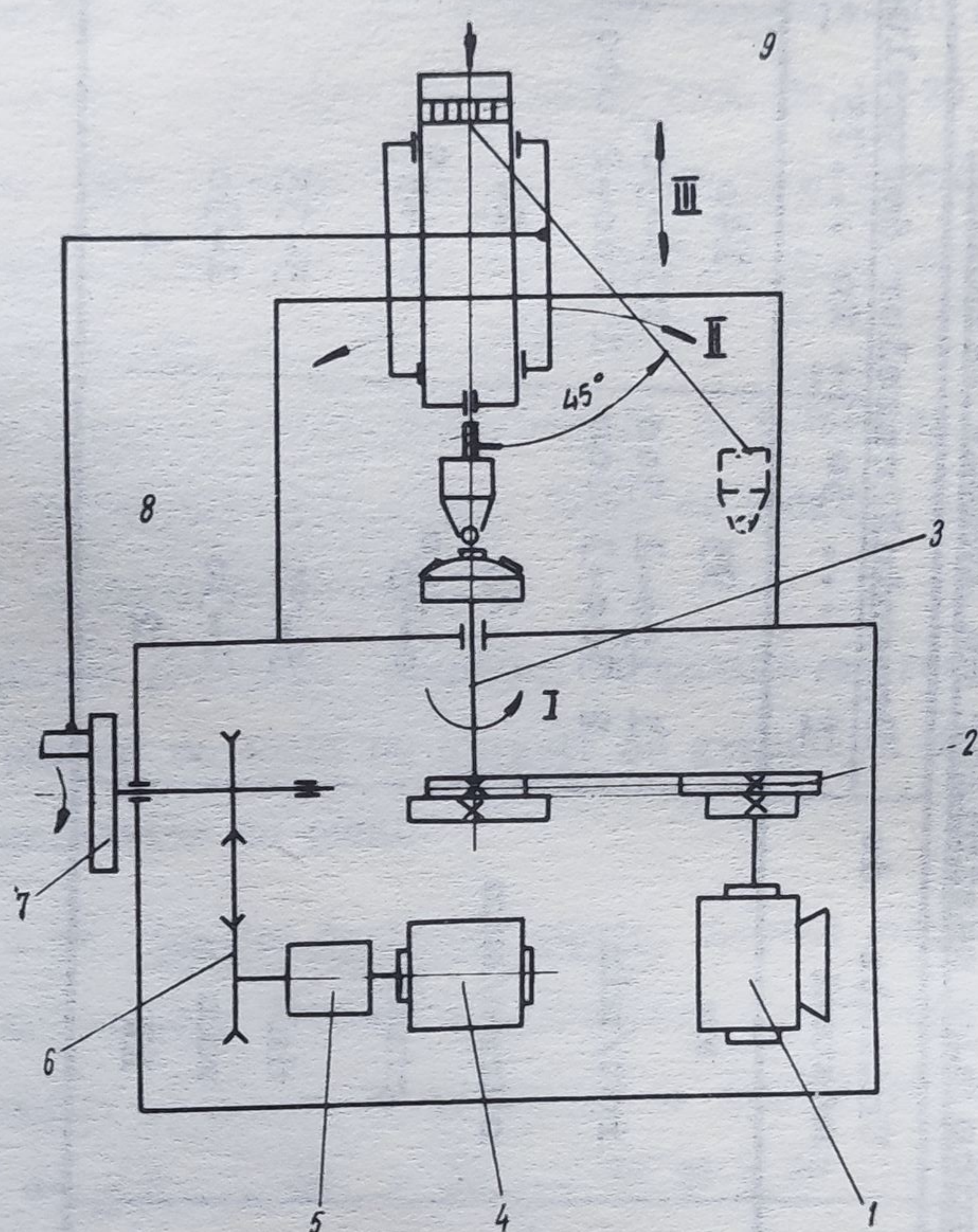


Fig.16.43. Schema cinematică a mașinii de lepuit sferic: I- mișcare principală de rotație; II- mișcare secundară oscilatorie; III- mișcare de apropiere verticală manuală.

Motorul este așezat pe balansoar pentru întinderea curelei. Turația arborelui portsculă poate fi reglată la două valori diferite printr-un con în trepte. Pentru a da posibilitate efectuă-



rii precise a operației de prelucrare este necesar ca centrul razei sferei să se găsească în centrul arborelui oscilant portdispozitiv cu piese. Mișcarea de oscilație II este transmisă prin motorul 4, reductorul 5, transmisia 6 și excentricul 7, la antrenorul 8. Presiunea este dată de dispozitivul 9. Agentul de răcire este alimentat prin antrenor și prin arborele portsculă, deci fie de jos în sus sau de sus în jos.

Regim de lucru. Presiunea pe suprafața efectivă de contact este de  $0,7 \text{ daN/cm}^2$ , frecvența este constantă de 23 oscilații/min, iar unghiul de oscilație de  $10-15^\circ$ .

Adâncimea de lucru este de  $0,06 - 0,08 \text{ mm}$  și timpul de lucru optim  $3 \text{ s} - 2 \text{ min}$ .

Dacă se mărește timpul de prelucrare, rezultatele nu se îmbunătățesc deoarece se produce o lustruire a sculei și ea nu mai lucrează.

Unghiul de prelucrare nu trebuie să fie mai mare de  $70^\circ$  pentru asigurarea uzurii uniforme a sculei de leuit.

Granulația pastilei cu diamant este cuprinsă între 10 și  $20 \mu\text{m}$ .

Lichidul de răcire AC sau amestecul de glicerină cu apă, se ia în proporție de o parte AC și 60 părți apă sau o parte glicerină și 20 părți apă. Durata medie a sculei de leuit la o prelucrare normală este de minimum 5 000 de suprafețe prelucrate.

Sculele se reglează numai cu abrazivi 600 pe scule din fontă.

Bătaia radială-axială a sculei de leuit trebuie să fie de maximum  $0,01 \text{ mm}$ .

Sfericitatea suprafeței prelucrate se verifică cu un dispozitiv tip sferometru cu comparator cu cadran având precizia de  $1 \mu\text{m}$ , diferența între suprafața leuită și ce polisată fiind de 2 inele în minus.

Cu scula de leuit se lucrează pînă cînd pastila din centru prezintă o grosime de  $0,6 - 0,7 \text{ mm}$ .

Mașina de leuit se reglează cu comparator cu cadran introdus în pinolă.



## Capitolul 17

### CENTRAREA, DEBORDAREA ȘI TESIREA FINALĂ A LENTILELOR

#### 17.1. Centrarea lentilelor

Centrarea lentilelor este necesară datorită influenței pe care o are asupra imaginii produse de lentile în aparatele optico-mecanice în care sînt montate.

Axa optică a unei lentile este linia dreaptă care unește centrele de curbura  $C_1$  și  $C_2$  (fig.17.1),

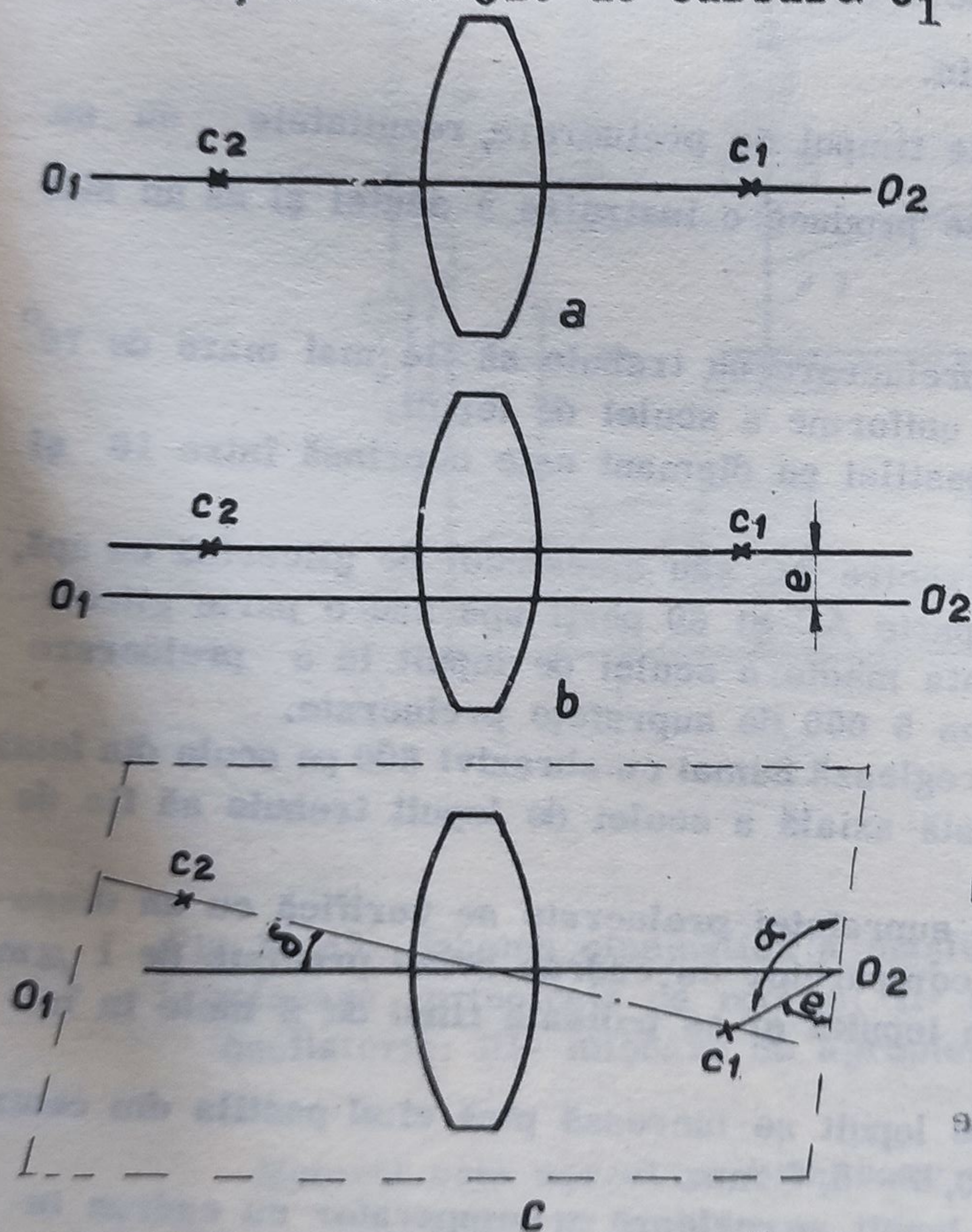


Fig.17.1. Definierea centrării unei lentile:  
a-lentilă perfect centrată; b și c - lentilă descentrată.

ale celor doi dioptri din care este formată lentila (cele două suprafețe curbe). În afară de axa optică, orice lentilă are și o axă de simetrie geometrică ( $O_1O_2$ ). Lentila se consideră perfect centrată atunci când axa geometrică coincide cu axa optică (fig.17.1, a). Când cele două axe nu coincid, lentila este descentrată. Parametrii care determină starea de centrare a unei lentile sînt:



- înclinarea  $\delta$  a axei optice  $C_1C_2$  față de axa geometrică de referință  $O_1O_2$  (fig.17.1,c);

- unghiul  $\alpha$  dintre perpendiculara în centrul de curbură dusă de la axa de referință și un plan ce conține axa de referință (fig.17.1,c);

- excentricitatea  $e$  (fig.17.1,b).

Operația de centrare se realizează prin îndepărtarea adaosului de prelucrare pe diametru, lăsat după operația de rotunjire.

Operația de centrare se execută în două etape:

- determinarea axei optice a lentilei și suprapunerea acesteia peste axa de rotație a arborelui principal al mașinii;

- rectificarea suprafeței cilindrice la diametrul dat, pentru a suprapune ~~axa~~ de simetrie cu axa de rotație a arborelui principal și deci cu axa optică a lentilei; această operație se mai numește și debordare.

Precizia de centrare depinde de procedeul de centrare și fixare a lentilei și de precizia de rectificare a suprafeței cilindrice.

Operația imediat următoare este teșirea (fațetarea) lentilelor, necesară deoarece fațetele executate la șlefuirea brută au fost îndepărtate la prelucrările precedente.

Centrarea lentilelor se execută pe mașini de centrat-debordat, așezînd lentilele pe mandrine de centrare, care sînt dispozitive tubulare ce se fixează în axul principal al mașinii respective. Rezultă că problema se reduce la suprapunerea axei optice a lentilei peste axa geometrică a mandrinei, prin deplasarea lentilei pe fața frontală a mandrinei (fig.17.2).



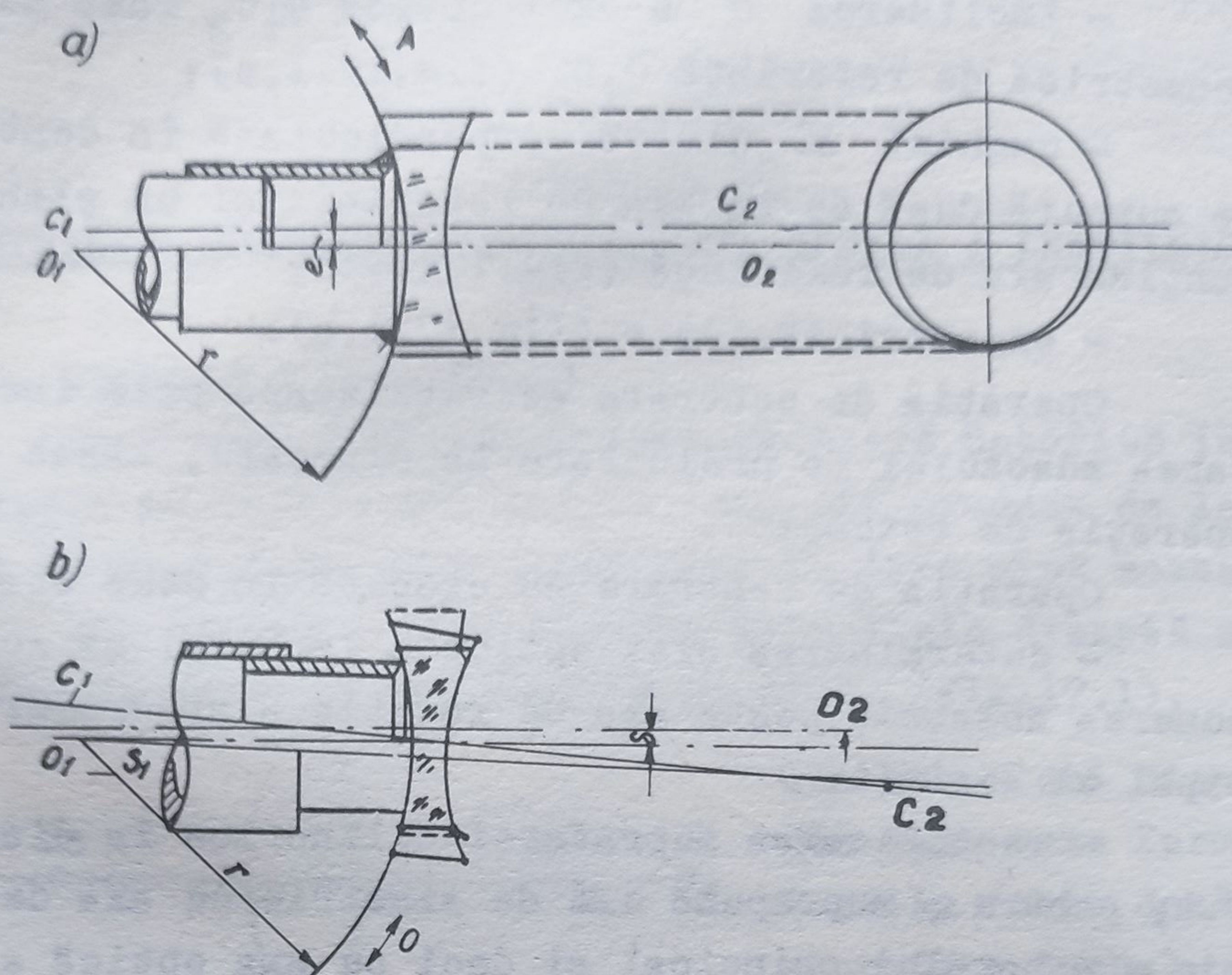


Fig.17.2. Centrarea lentilei pe mandrină:

- a - axa optică paralelă cu axa de referință;
- b - axa optică înclinată față de axa de referință.

Trebuie precizat că metoda de centrare a lentilelor pe mașina de debordare nu reprezintă soluția cea mai rațională, întrucât nu permite utilizarea corectă a mașinii de debordare (în timp ce se execută operația de centrare, mașina nu este utilizată) deoarece există tendința de a se asocia mașinilor de debordare utilaje simple anexă, destinate în mod special centrării. Axul pe care este prinsă mandrina de centrare fiind detașabil și avînd același sistem de fixare pe dispozitivul de centrare ca și pe mașina de debordare, se poate



scoate de pe mașină pentru a se centra lentila pe dispozitivul de centrare, în timp ce pe mașina de debordat se prelucurează lentila centrată anterior. În acest fel, mașinile de debordat pot lucra în flux continuu. În plus, un lucrător care se specializează în operația de centrare, poate realiza centrarea în timp suficient de scurt, astfel încât cu un singur dispozitiv de centrare să se alimenteze două - trei mașini de debordare.

Cele mai răspândite procedee de centrare sînt:

- centrarea prin metode mecanice;
- centrarea prin metode optice.

17.1.1. Centrarea prin metode mecanice. Procedeu constă în strîngerea lentilei între două mandrine, cu o forță suficient de mare pentru a prelua eforturile

care apar la prelucrarea conturului exterior. Modul de centrare mecanică și forțele care apar în timpul procesului de centrare sînt prezentate în figura 17.3. Una din mandrinele de strîngere este fixă iar cealaltă mobilă. Așezînd o lentilă decentrată 2, aceasta face contact cu mandrina în punctul  $A_1$ .

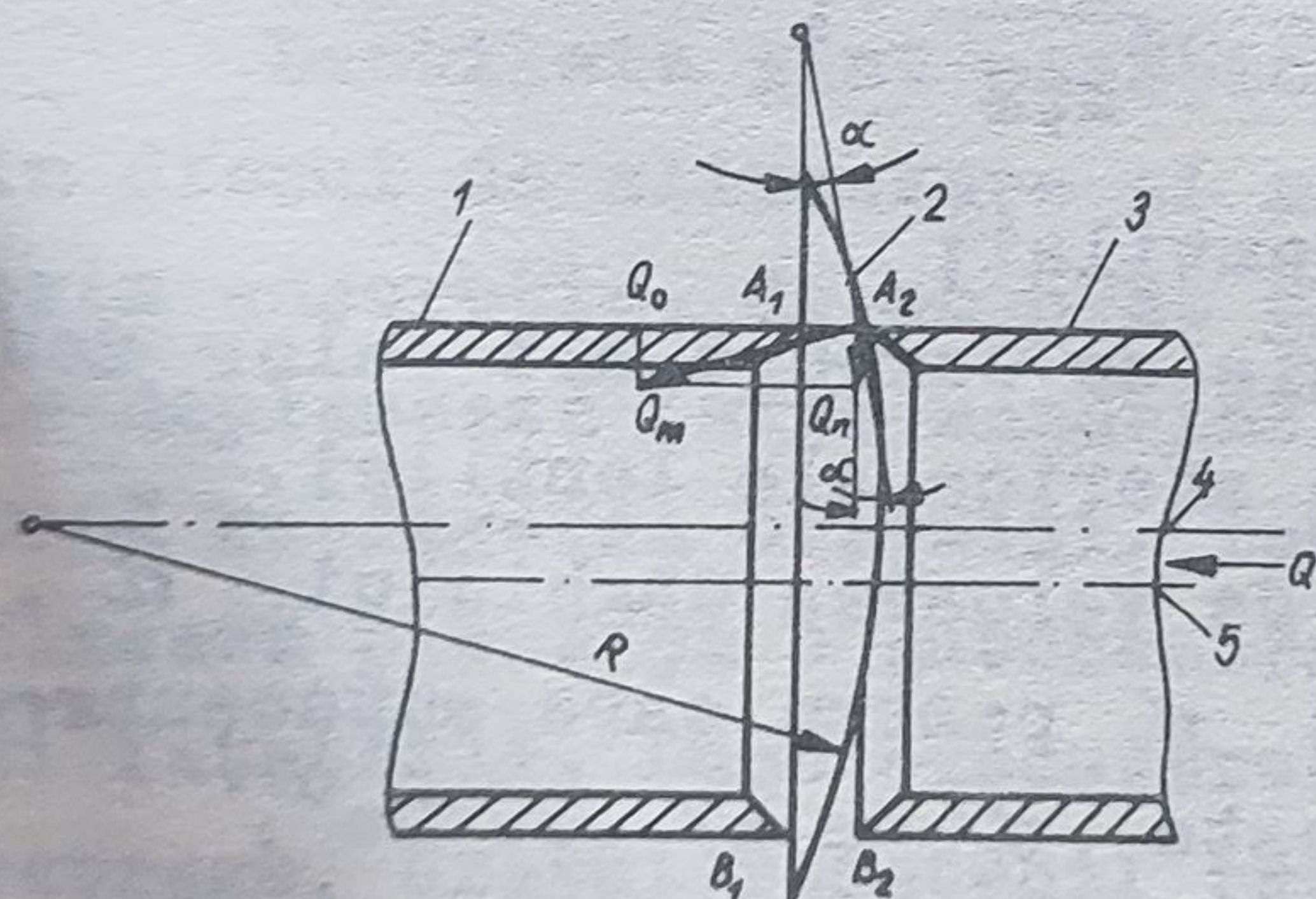


Fig.17.3. Schema așezării lentilei în mandrine cu autocentrare: 1-mandrină fixă; 2-lentilă; 3-mandrină mobilă; 4-axa optică a lentilei; 5-axa de simetrie a mandrinelor 1 și 3.



Apăsînd mandrina 3 cu o forță  $Q$ , lentila 2 este apăsată cu forța  $Q_m$ , normală pe suprafața lentilei care se descompune într-o forță axială  $Q_a$ , echilibrată de mandrina fixă 1 și una radială  $Q_n$ , care deplasează lentila în sensul centrării pînă la contactul cu punctul  $B_2$  de pe mandrina 3.

Fenomenul de autocentrare constă în suprapunerea axei optice 4 a lentilei peste axa de simetrie 5 a celor două mandrine 1 și 3, coaxiale între ele, mandrine aflate în mișcare de rotație uniformă.

Pentru a se realiza autocentrarea este necesar ca unghiul de înclinare  $\alpha$  să aibă, o valoare aleasă în așa fel încît forța  $Q_m$ , care depinde de raza de curbură a suprafeței sferice a lentilei, să poată învinge forța de frecare.

Mărimea unghiului  $\alpha$  se determină cu relația

$$\operatorname{tg} \alpha_{1,2} = \frac{D}{2R_{1,2}},$$

în care:  $D$  este diametrul lentilei;

$R_1$  și  $R_2$  sînt razele de curbură ale celor două suprafețe sferice ale lentilei.

Metoda este limitată de valoarea unghiului  $\alpha$ . Valoarea limită a unghiului  $\alpha$  pentru care autocentrarea nu mai poate avea loc este  $\alpha' \approx 17 \dots 20^\circ$ .

Precizia centrării depinde de bătaia frontală a fețelor celor două mandrine, bătaie care trebuie să se înscrie în intervalul  $0,005 \dots 0,020$  mm.

Forța de strîngere  $Q_m$  se alege în funcție de dimensiunile de gabarit și de grosimea pe muchie a lentilei și rar depășește valoarea de 300 N.



La mașinile cu mandrine autocentrante și arbore principal încorporat, dispozitivul autocolimator are o importanță deosebită, acesta verificând precizia de așezare a lentilei, prin deplasarea manuală punându-se la punct centrarea.

Procedeul descris se folosește pentru centrarea lentilelor cu diametrul de 10-15 mm, în afara lentilelor cu curbură mare și foarte mare, la care precizia de așezare scade, și a lentilelor cu muchii subțiri, care pot fi deteriorate prin strângere.

Avantajele acestui procedeu constau în înalta productivitate, posibilitatea deservirii mai multor mașini de muncitori cu calificare scăzută, eliminarea operațiilor de lipire, centrare și deslipire.

În cazul producției de serie mare se folosește centrarea automată. Mașinile automate pentru centrare au la bază principiul centrării mecanice, însă ciclul de lucru este complet automatizat.

Lentilele sînt poziționate în alveolele executate în discul de alimentare al mașinii, de unde sînt prinse, prin adsorbție, de un braț rabatabil al mașinii, care le deplasează între mandrinele de centrare mecanică. După retragerea brațului, mandrina mobilă se apropie, fixează piesa și o autocentrează în vederea debordării și fațetării. După executarea operațiilor, mandrina se retrage, brațul rabatabil revine, iar lentila este așezată într-o alveolă a discului de alimentare. Totodată discul de alimentare se rotește automat cu unghiul corespunzător dintre două alveole, iar ciclul reîncepe cu o nouă piesă. Momentul terminării prelucrării tuturor lentilelor de pe discul de alimentare



(o rotație completă a acestuia) este semnalat vizual, iar mașina se oprește automat.

Avantajele procedeului constau, în principal, în creșterea productivității operației de 2-3 ori în raport cu centrarea pe mașini semiautomate și de 6-8 ori față de centrarea și debordarea cu ajutorul discurilor abrazive (centrarea prin procedee optice).

17.1.2. Centrarea prin procedee optice. Metodele cele mai folosite sînt următoarele: centrarea și orientarea axei optice prin transparență; centrarea cu imagini obținute prin reflexie (centrarea după spot luminos).

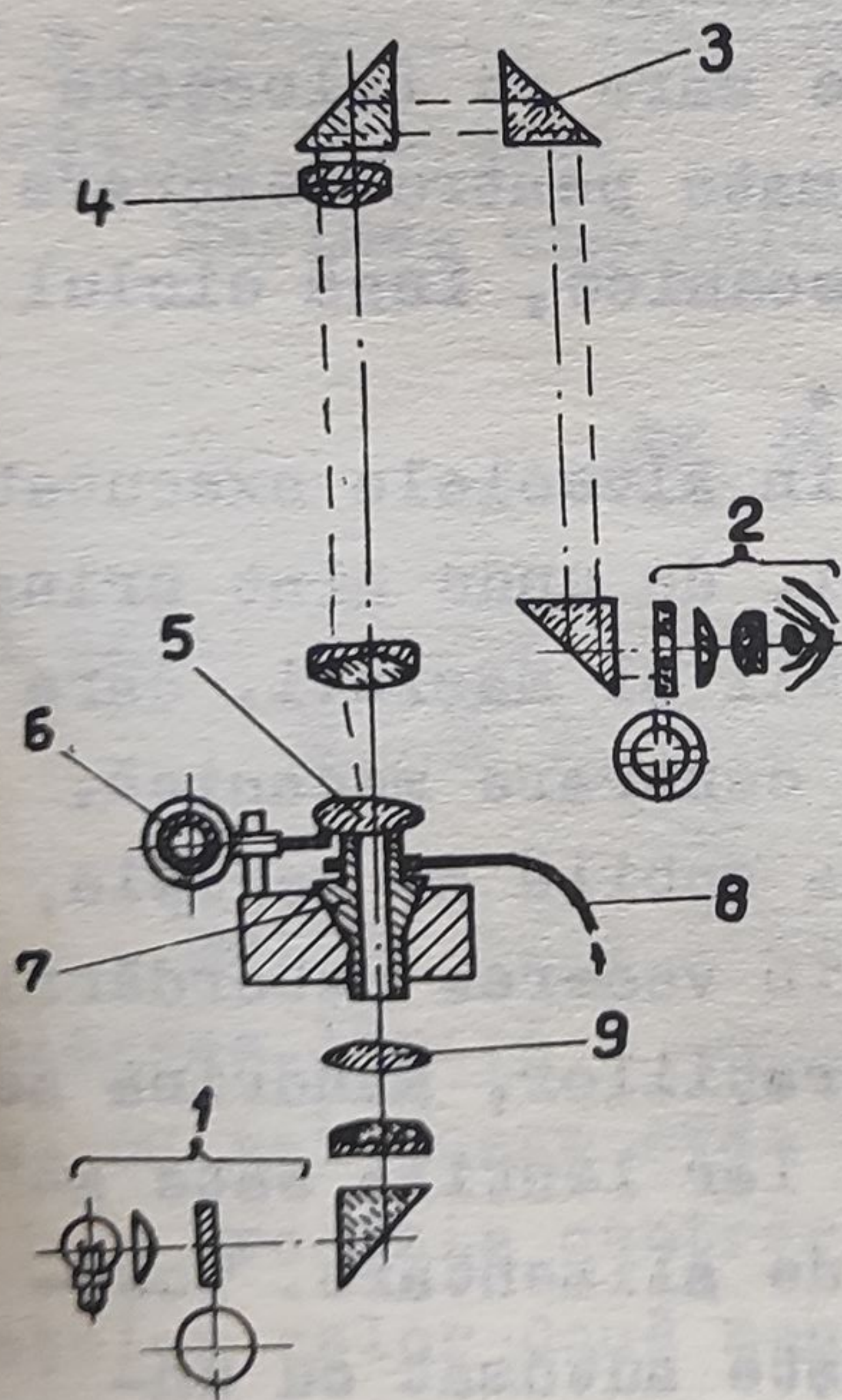


Fig.17.4. Principiul centrării optice în lumină prin transparență.

Schema și principiul de lucru ale unui aparat de centrare și orientare a axei optice prin transparență sînt arătate în figura 17.4. Lentila 5 se lipește cu mastic pe mandrina 7, centrată precis pe un alezaj conic. De la sursa de lumină, fasciculul luminos luminează reticulul și traversează mai departe lentilele sistemului optic, formînd astfel imaginea reticulului colimator pe reticulul ocularului. Imaginea reticulului este preluată



de lentila adițională 9, care se alege în funcție de distanța focală a lentilei de centrat 5, după care ajunge pe reticulul ocularului lunetei de observare 2.

În cazul în care lentila este centrată corect, razele luminoase centrale parcurg drumul marcat pe figură cu linie-punct, iar în cazul în care lentila este descentrată - parcurg drumul marcat pe figură cu linie întreruptă. În acest caz este necesară încălzirea materialului folosit la lipire (mastic, chit sau smoală) și deplasarea lentilei pentru realizarea centrării. Deplasarea se efectuează pînă cînd imaginea reticulului colimatorului obținută prin rotirea lentilei se înscrie între reperele crucii duble a reticulului ocularului. Bătăia frontală a lentilei 5 se verifică cu ajutorul microcomparatorului 6 al cărui palpator se deplasează pe suprafața inferioară a lentilei. În momentul în care centrarea este perfectă, se răcește stratul de mastic utilizat la lipire cu un jet de aer comprimat trimis prin tubul 8.

Procedeul este recomandat pentru centrarea unor lentile cu diametrul mai mare de 6-8 mm, a căror precizie de prelucrare se înscrie în domeniul 0,01-0,003 mm. Avantajele acestui procedeu sînt:

- precizie ridicată de centrare;
- productivitate mărită (de 1,5 ori în raport cu centrarea mecanică).

Principala dezavantaj constă în necesitatea executării unui număr însemnat de mandrine foarte precise și scumpe (fig.17.5).

Centrarea după spot luminos constă în observarea bătăii imaginii filamentului unei surse de lumină,



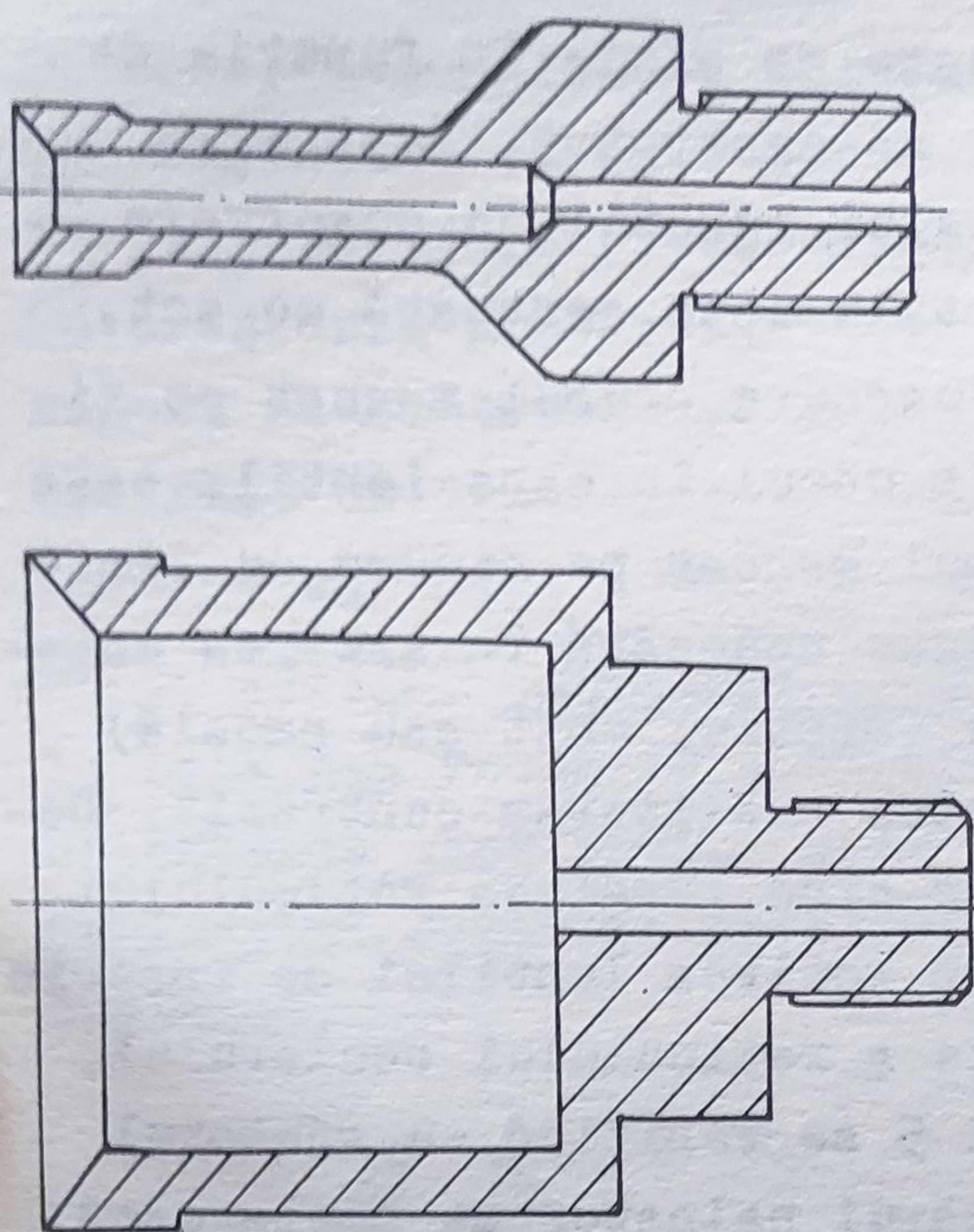


Fig.17.5. Mandrine pentru centrare prin transparență.

obținute pe suprafața lentilei, prin reflexe. În cazul în care suprafața lentilei așezate pe mandrină este corect executată, imaginea reflectată rămâne fixă. În situația în care lentila este descentrată, atunci, la rotirea mandrinei, imaginea filamentului dată de cealaltă față a lentilei se deplasează, descriind un cerc cu diametrul proporțional cu mărimea descentrării respective. Mărimea descentrării se citește cu ajutorul unui aparat tip telemicroscop, cu grosisment de 20-50 X (fig.17.6), la care

obiectivul 6 are posibilitatea de a se deplasa axial pentru diferite focusări. În funcție de geometria lentilelor 3 ce urmează a fi centrate, în fața obiectivului 6 se pot monta lentilele adiționale 11, în scopul obținerii imaginii și al creșterii preciziei de centrare. Luneta microscop se poate deplasa și perpendicular pe axa mandrinei 2 pentru a prelua imaginile de reflexie date de lentile.

Operația de centrare-debordare după spot luminos cuprinde următoarele faze:



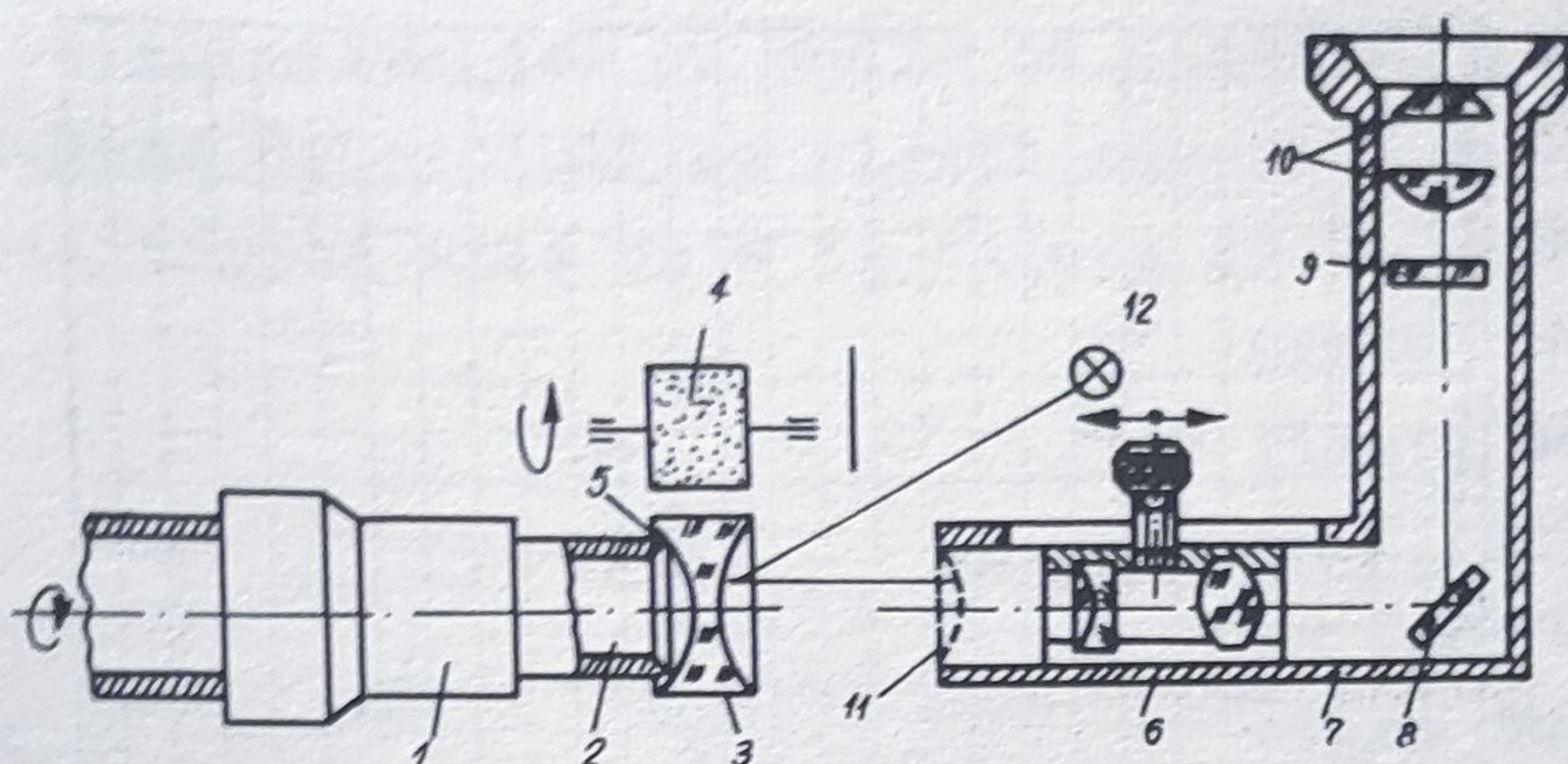


Fig.17.6. Centrarea după spot luminos:  
 1 - moletă; 2 - mandrină; 3 - lentilă de centrat;  
 4 - disc abraziv; 5 - mastic pentru centrare;  
 6 - obiectiv deplasabil; 7 - tub; 8 - oglindă de  
 reflexie; 9 - reticul; 10 - ocular; 11 - lentilă  
 adițională; 12 - sursă de lumină.

- fixarea lentilei 3 pe mandrina 2 a moletei 1 cu ajutorul masticului de lipire 5;
  - centrarea propriu-zisă cu ajutorul ochiului și al lunetei;
  - debordarea lentilei cu discul abraziv 4;
  - măsurarea diametrului realizat cu ajutorul micrometrului;
  - teșirea finală a muchiilor celor două suprafețe.
- Precizia de centrare cu ajutorul acestei metode este similară cu cea obținută în cazul centrării în lumină prin transparență.

În figura 17.7 se prezintă un grafic din care rezultă precizia ce se poate obține la centrarea prin metode optice, funcție de geometria piesei, determinată



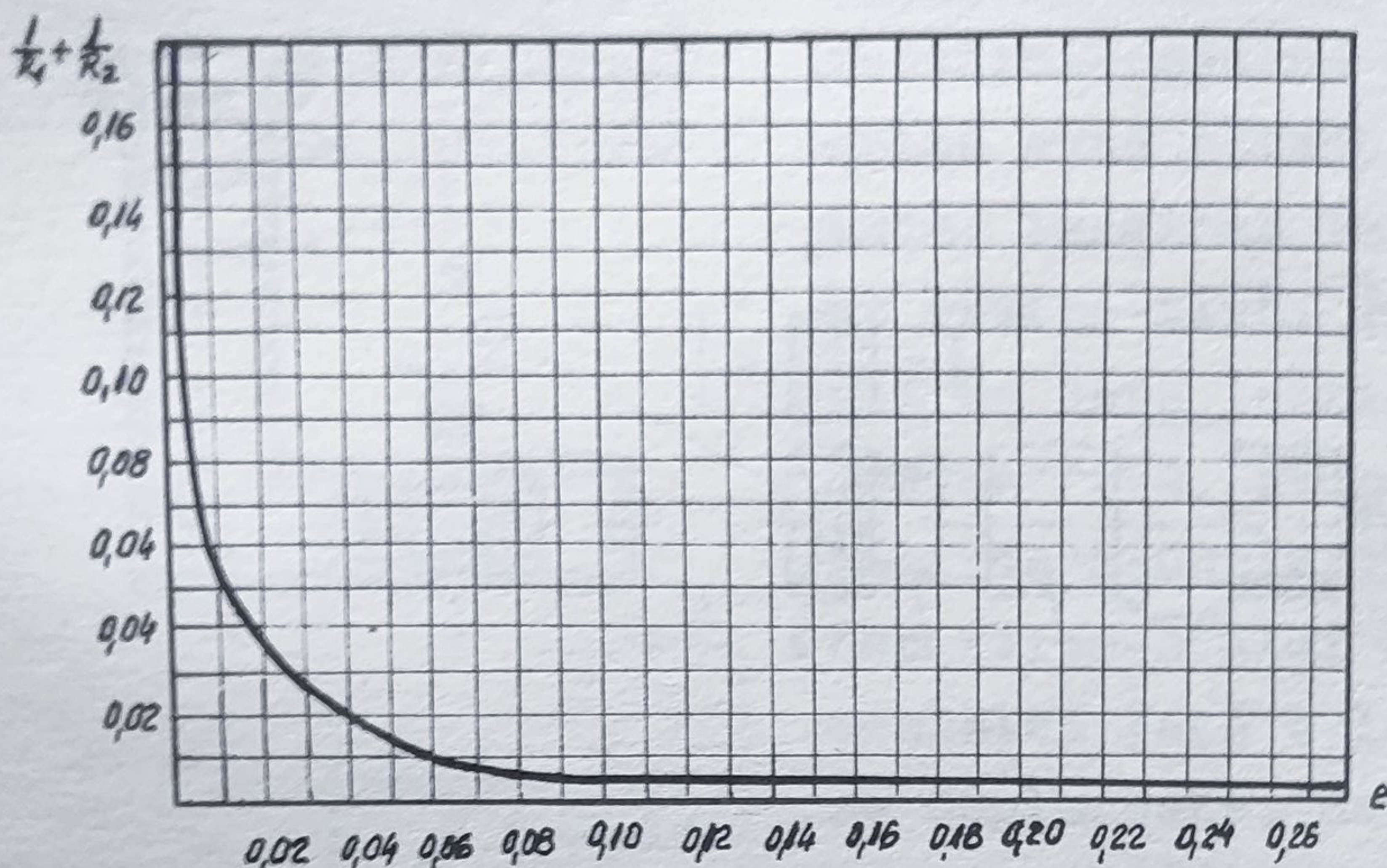


Fig.17.7 Precizia centrării obținute prin metode optice.

de suma inverselor razelor de curbura (la razele negative se ia semnul minus).

#### 17.2. Debordarea suprafețelor cilindrice ale lentilelor

La prelucrarea suprafețelor cilindrice ale lentilelor se prevăd adaosuri de prelucrare care se determină la calculul semifabricatului în funcție de forma și dimensiunile piesei finite.

La lentilele din sticlă flint care au suprafața cilindrică (grosimea la margine) mare se prevăd, de obicei, toleranțe ca pentru un ajustaj semiliber sau alunecător, iar la lentilele din sticlă cron care au suprafața cilindrică îngustă - toleranțe ca pentru ajustaje libere și largi.



Prelucrarea suprafețelor cilindrice ale lentilelor se execută pe mașini de centrat-debordat mecanice cu pietre abrazive sau cu scule cu diamant.

Schema debordării cu piatră abrazivă a suprafețelor cilindrice este dată în figura 17.8. Lentila de

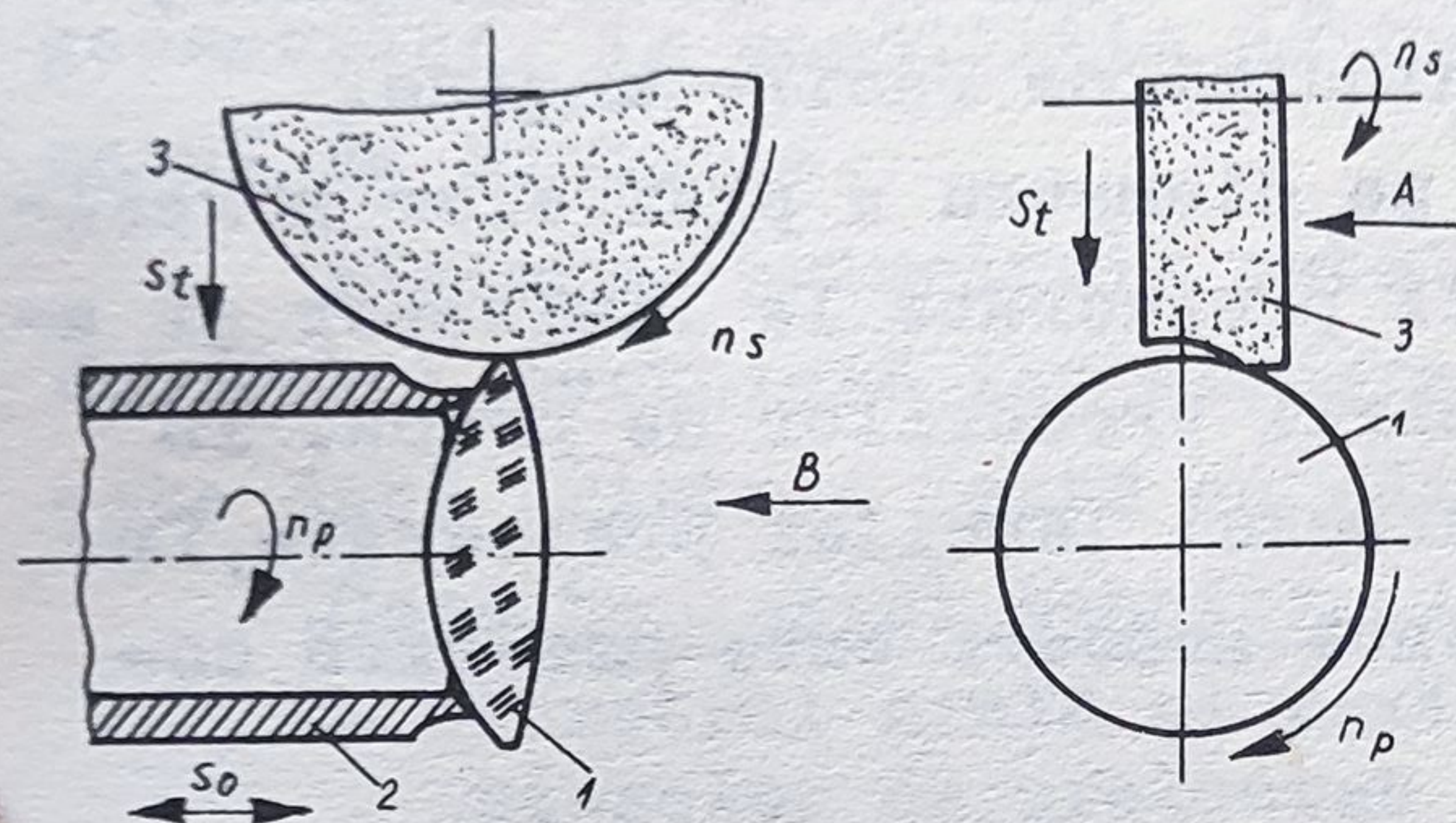


Fig.17.8. Schema debordării suprafețelor cilindrice ale lentilelor: 1-lentilă; 2-mandrină; 3-piatră abrazivă;  $s_t$ -avans transversal;  $s_o$ -avans axial;  $n_s$ -turația sculei;  $n_p$ -turația piesei.

prelucrat 1 este fixată pe mandrina 2. Prelucrarea se face cu un avans transversal continuu  $s_t$  și o mișcare de deplasare axială  $s_o$  în raport cu batiul mașinii, a cărui valoare este de câteva ori grosimea la margine a lentilei. Scula așchietoare este piatră abrazivă 3, care execută o

mișcare de rotație cu turația  $n_s$ .

La șlefuirea suprafeței cilindrice a lentilelor, piatră abrazivă 3 se uzează neuniform, dar nu este necesară o corectare precisă a acesteia, întrucât este suficientă o deplasare periodică, nu prea mare, în sensul indicat de săgeata A în raport cu axa de rotație a lentilei.

Duritatea și granulația pietrelor abrazive se aleg în funcție de forma și dimensiunile lentilei



prelucrate, proprietățile sticlei optice, calitatea necesară a suprafeței prelucrate etc. De obicei se folosesc pietre din electrocorund cu liant ceramic, din gama de durități  $M_2-CM_2$  și granulație 180-220.

Pentru prelucrate se recomandă următorul regim de lucru:

- turația piesei  $n_p = 50 \dots 60$  rot/min;
- turația sculei  $n_s = 1500 \dots 2000$  rot/min;
- folosirea lichidului de răcire-ungere.

Datorită uzurii pe diametru a pietrelor abrazive, lentilele nu pot fi prelucrate la limitator și apare necesitatea folosirii trecerilor de probă. În urma verificării diametrului lentilei prelucrate, în cazul în care se constată abateri este necesară corectarea pietrei.

Productivitatea unei astfel de mașini este de 60 - 80 bucăți pe schimb.

Prelucrarea lentilelor cu scule diamantate se execută pe mașini-unelte de centrat-debordat și alte mașini-unelte cu avans transversal automat al sculei. Prelucrarea se face cu suprafața cilindrică a discului diamantat. Uzura uniformă a sculei diamantate se obține prin mișcarea axială  $s_o$ . Metoda poate fi utilizată și pentru executarea teșiturilor pe una sau două laturi ale lentilei. Se recomandă ca turația sculei să fie  $n_s = 3000 \dots 4000$  rot/min, iar a lentilei  $n_p = 5 \dots 200$  rot/min ceea ce necesită o viteză liniară de 18-30 m/s. Debordarea se realizează folosind lichide de răcire-ungere.

Durabilitatea ridicată a sculelor diamantate permite folosirea mașinilor reglate la cote și prelucrarea în ciclu automat. Aceasta contribuie la



ridicarea preciziei și la creșterea de 2-3 ori a productivității în raport cu folosirea pietrelor abrazive din electrocorund.

Mașina de debordat cu centrare optică. Mașina este utilizată pentru debordarea lentilelor optice la diametru, pentru realizarea prin prelucrare a coincidenței dintre axa optică a piesei optice și axa ei geometrică, în condițiile de precizie indicate în desenul de execuție.

Mișcarea principală este realizată de rotirea arborelui portpiesă iar mișcarea de avans automată este dată printr-o roată cu clichet (mecanic).

Caracteristici tehnice. Acestea sînt:

- diametrul minim și maxim al pieselor de prelucrat 4 - 120 mm
- puterea motorului portdisc abraziv 0,8 kW;
- turația arborelui motor portdisc 2 775 rot/min;
- turația discului abraziv 2 000 rot/min;
- diametrul discului abraziv 60 - 150 mm;
- puterea motorului portpiesă 0,184 kW;
- turația motorului 1 410 rot/min;
- turația arborelui portmoletă 300-500 rot/min;
- avans transversal mecanic 0,02-0,52 mm;
- mașina este prevăzută cu lunetă de centrare prin vizare optică cu o precizie de citire de 0,01 mm;
- instalația de răcire a pietrei abrazive cu apă;
- instalația de blocare a piesei pe moletă cu gaze;
- păpușa se poate roti la un unghi de 45°.



Schema cinematică. Lentila 1 (fig.17.9) se lipește pe moleta 2, care este asamblată prin filetare pe portmoleta 3, a

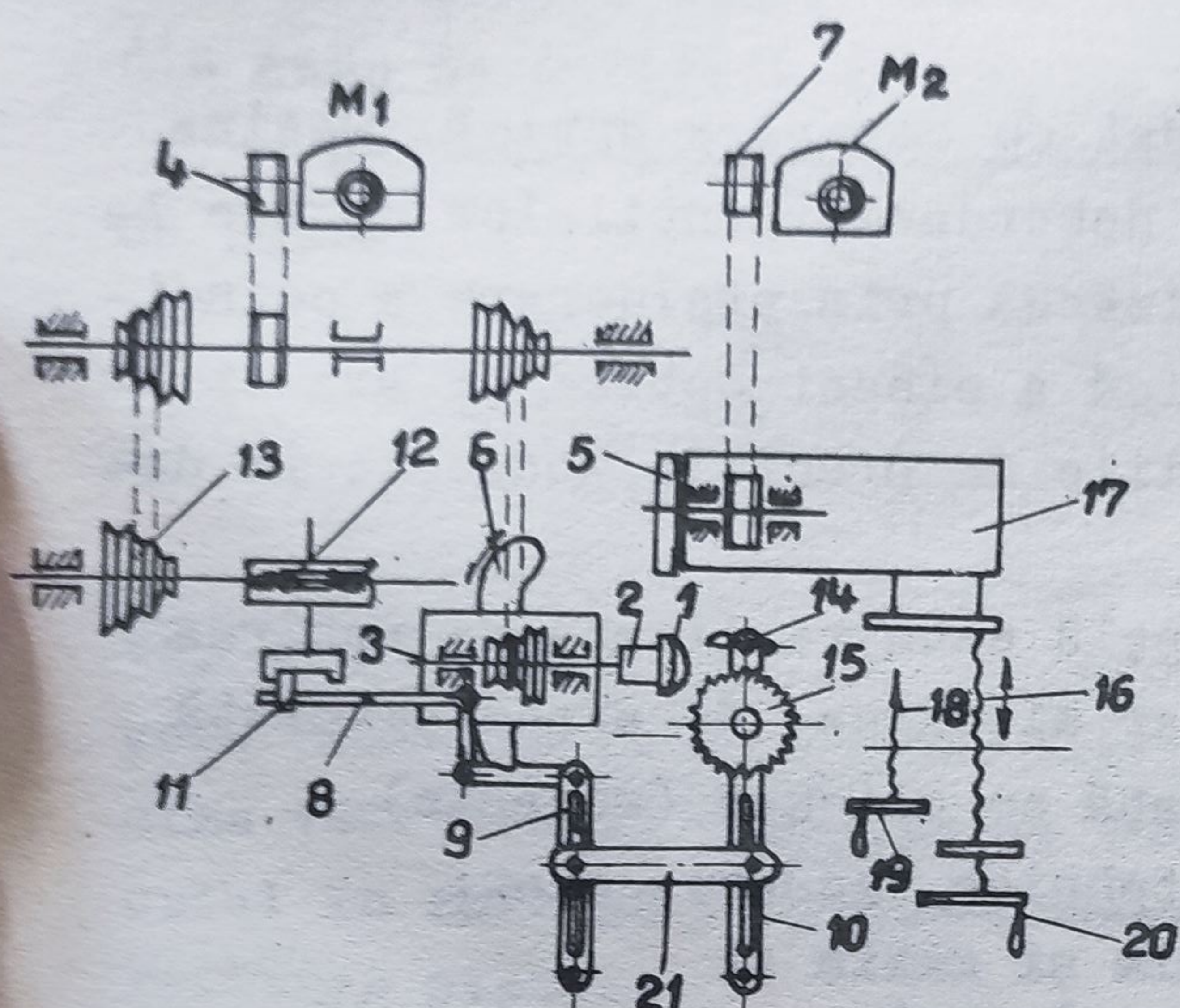


Fig.17.9. Schema cinematică a mașinii de debordat cu centrare optică.

pe portmoleta 3, a păpușii fixe a mașinii. Portmoleta 3 este rotită de motorul M1 prin roata de curea 4. Discul abraziv 5 este rotit de un motor separat M2, prin roata de curea 7. Avansul automat al discului 5 se realizează prin transmisia cu pârghii 8, 9 și lo acționată de la mecanismul cu manivelă 11, melcul 12 și roata 13. Tot prin acest mecanism,

pentru o uzură uniformă a discului abraziv, se execută o mișcare de du-te-vino în fața acestuia.

Pârghia oscilantă lo rotește, prin clichetul 14, roata 15, deplasând astfel cu șuruburile 16 sistemul 17 pe care este montat discul abraziv.

Opritorul fix 18 fixează diametrul necesar al lentilei care se reglează după o scală specială 19. Când mecanismul de avans automat este deconectat se poate executa avansul normal al discului cu maneta 20. Mărimea avansului se obține prin reglarea pârghiei 21 pentru cuprinderea de către clichet a unui număr corespunzător de dinți ai roții cu clichet.



Regim de lucru. Întreținere. Pentru debordare se folosesc discuri abrazive din carbură de siliciu verde, cu liant ceramic, granulație 180-220 și duritate medie. Răcirea cu apă trebuie să fie abundentă.

Turația maximă a discului abraziv este de 2 000 rot/min, realizându-se o viteză periferică  $v = 15$  m/s. Turația maximă a piesei de prelucrat pe portmoletă este de 500 rot/min. Piesa se fixează pe moletă cu mastic. Durata medie de centrare și debordare pentru o adâncime de prelucrare  $t = 1$  mm pe rază și un avans  $s = 0,04$  mm/cursa dublă a broșei este de 3 - 4 min.

Moletele de fixare a pieselor de prelucrare trebuie mereu rectificate în zona de blocare a pieselor iar broșele portmoletă trebuie curățate și unse săptămânal.

Mașini de debordat prin autocentrare. Mașinile de debordat prin autocentrare sînt mai productive decît cele prin centrare optică din următoarele motive:

- se elimină fazele de lipire și dezlipire a pieselor de pe moletă (se reduce timpul auxiliar);
- lucrează cu regim de lucru intensiv atît la disc cît și la broșa portmoletă;
- se folosesc discuri cu diamant sinterizat, cu care se execută debordări de centrare și fațetare;
- lucrează automat atît în ce privește avansul piesei cît și al centrării fațetării.

Comenzile sînt realizate prin came axiale și radiale. Mișcarea principală este dată de arborele broșei iar mișcările secundare de avans automat prin came.

Caracteristici tehnice. Acestea sînt:



- domeniul de lucru maxim 10-100 mm;
- turația motorului broșei portpiesă 1 400 rot/min;
- puterea motorului 0,55 kW;
- timp de reglare 0,5 - 12 min;
- diametrul discului cu diamant 60 - 180 mm;
- cursa longitudinală automată prin camă axială;
- cursa transversală automată prin camă radială;
- turația arborelui portdisc 3 000 rot/min;
- puterea motorului 0,32 kW;
- decantor cu lichid de răcire și pompă cu motor electric de 0,08 kW.

#### Schema cinematică și descrierea funcționării

mașinii. Mișcarea principală se transmite de la motorul 1 (fig.17.10) prin intermediul variatorului continuu și intermediar 3, care transmite mișcarea la cutia de viteze 7 și de aici, prin roți dințate, la arborele principal 4. Cutia de viteze 7 are o construcție specială și lucrează în ulei. Nivelul acestuia se verifică prin fereastra de control 28. La ieșirea din cutia de viteze sînt cuplate două came de comandă care determină funcționarea automată a mașinii. Dintre acestea, o camă comandă deplasarea radială, iar cea de-a doua deplasarea axială a sculei 10 în raport cu piesa. Scula 10 este un disc cu diamant care este montat pe broșa 8, prinsă lateral pe brațul oscilant 11. Discul cu diamant este antrenat prin curea de la motorul 2.

Brațul oscilant 11 este așezat pe o sanie dublă 12. Prima sanie servește pentru reglarea sculei pentru diferite grosimi ale marginii sau a fațetelor



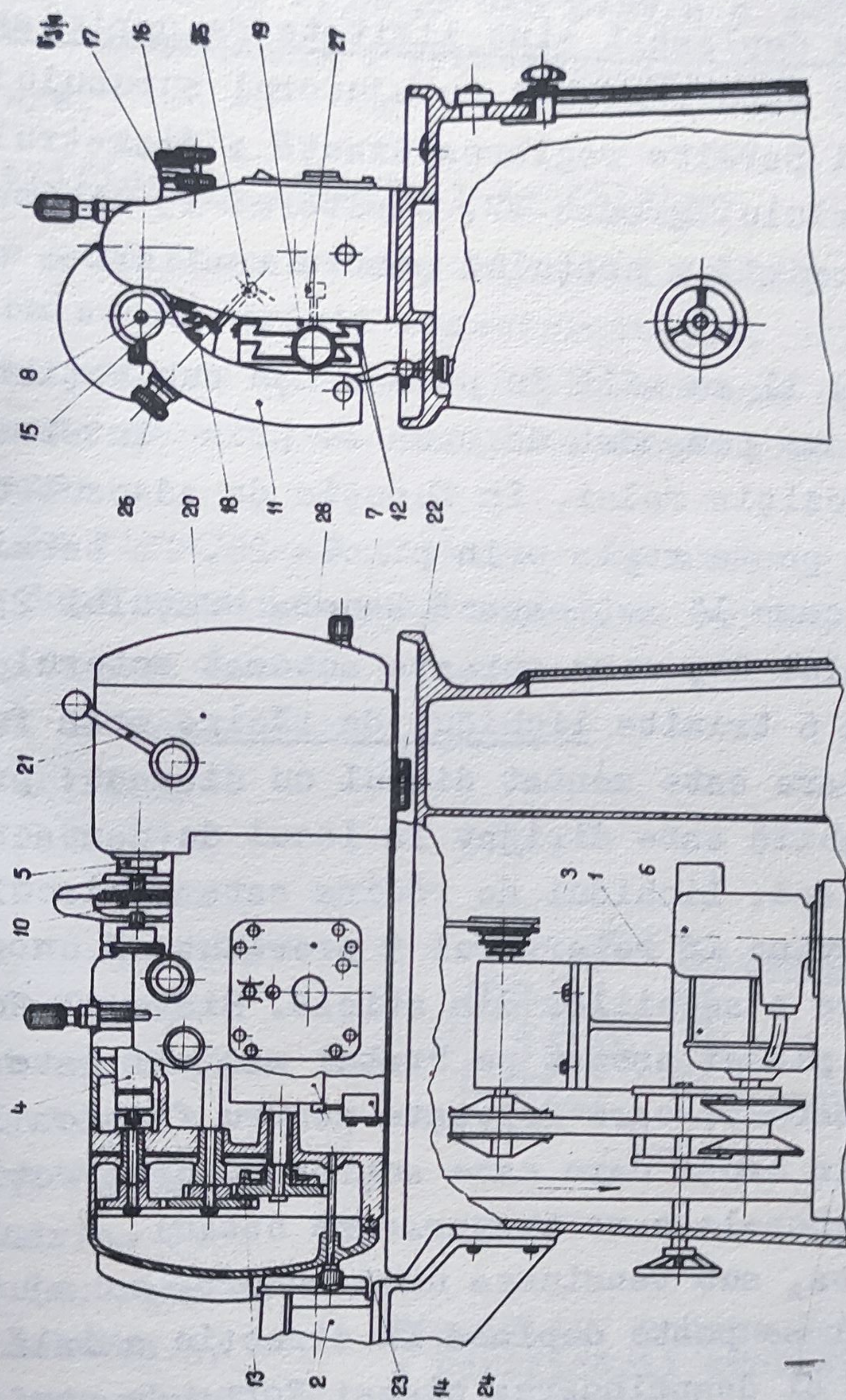


Fig.17.10 Schema mașinii de debordat prin autocentrare.



lentilelor de debordat. Sania a doua servește pentru reglarea mersului automat al mașinii, prin rola 27 de pe cama de comandă 13. A doua camă 14 comandă brațul 11 în raport cu diametrul lentilei.

Ambele deplasări sînt limitate de opritoare.

Opritorul 15 este reglabil cu ajutorul șurubului micro-metric 16 și permite reglarea exactă a diametrului cu ajutorul inelului gradat 17. Opritorul 19 limitează deplasarea axială a brațului pentru realizarea corectă a fațetei.

Brațul 11 se află în permanență sub acțiunea arcului 18 și este comandat de cama 14 prin intermediul rolei 25. Poziția rolei, în funcție de adaosul de prelucrare, se poate regla prin pinola 26. La terminarea operației, cama 14 acționează asupra brațului 23 al întreprătorului 24, care oprește automat motorul 1.

Pompa 6 trimite lichidul de răcire prin furtun la caseta în care este montat discul cu diamant; printr-o țeavă reglabilă este dirijat la locul de contact dintre sculă și piesă. Lichidul de răcire este recirculat, întrucît revine în rezervorul 9 prevăzut cu un sistem de decantare a așchiilor din sticlă. Sistemul 20 de prindere a piesei așezat pe brațul mașinii este reglabil. Moleta 5, care servește pentru fixarea lentilei, se prinde în broșa care este acționată prin roți dințate de la arborele care traversează batiul.

Moleta, sub tensiunea unui resort, cu ajutorul pîrghiei 21 se poate deplasa în direcție axială pentru strîngerea și desprinderea piesei. Forța de strîngere se poate regla cu ajutorul butonului 22.



Regim de lucru. Se folosește discul cu diamant sinterizat, cu liant din bronz, concentrație 75 și granulație 150-220. Pentru o lentilă obișnuită durata debordării este de 1,5-2,5 min pentru o adâncime de așchiere  $t = 1 \text{ mm}$ , avînd o viteză periferică a sculei  $s = 20 \text{ m/s}$ .

### 17.3. Verificarea centrării lentilelor

La verificarea centrării unei lentile se urmărește determinarea mărimei excentricității, definită ca fiind distanța cu care este deplasată axa optică în raport cu axa geometrică. Verificarea se poate face în două etape:

- în timpul operației de centrare;
- după terminarea operației de centrare.

În timpul operației de centrare, verificarea se face folosind un suport cu ceas comparator. Lentila 2 (fig.17.11) de verificat se fixează, cu ajutorul unui strat de mastic 4, pe mandrina (moleta) de centrare 1. Rotind mandrina 1, valoarea excentricității se citește direct pe cadranul

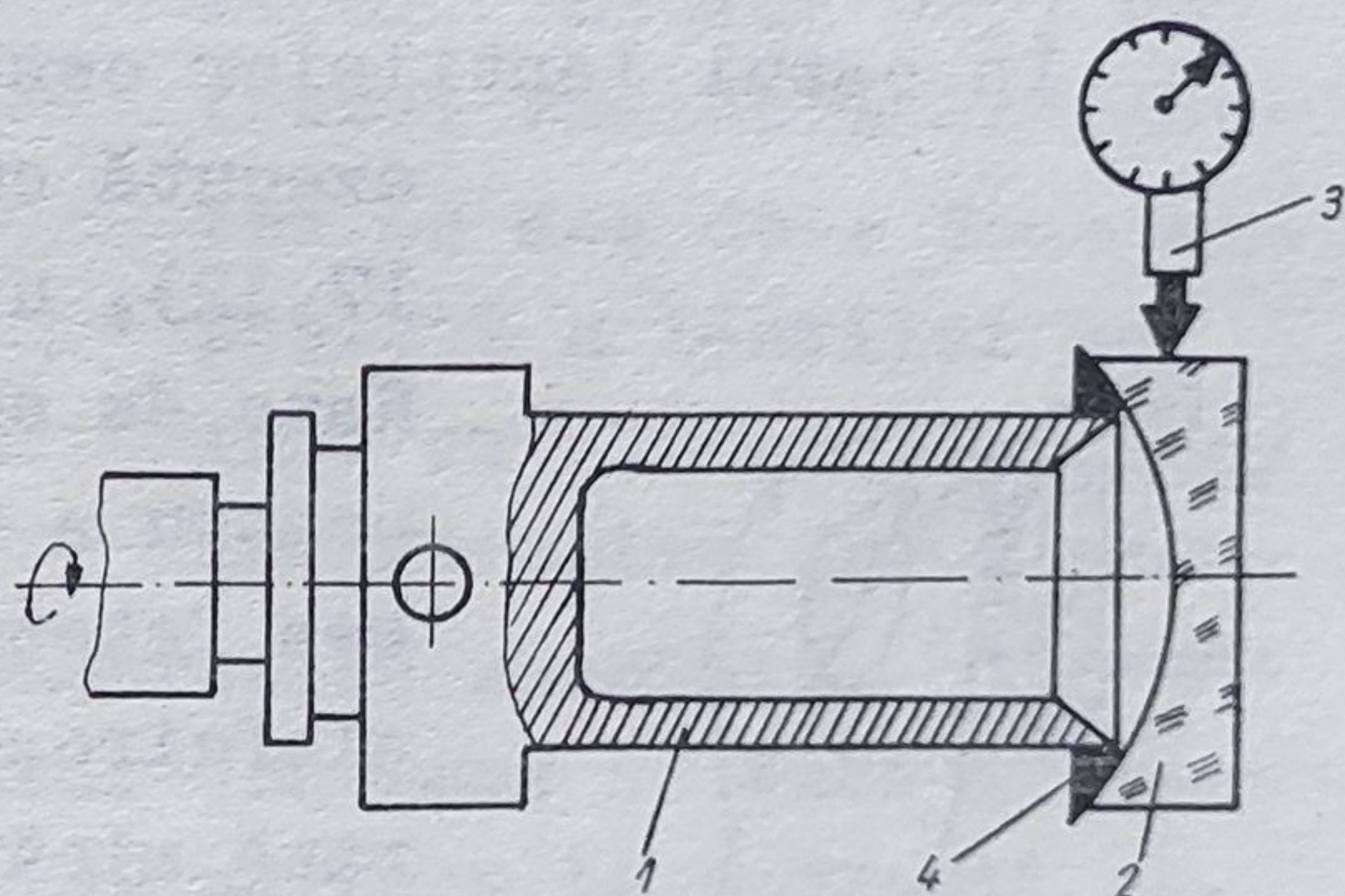


Fig.17.11. Schema de principiu a verificării centrării în timpul execuției:  
1-mandrină de centrare; 2-piesă de controlat; 3-ceas comparator; 4-mastic de fixare a lentilei pe mandrină.



comparatorului, al cărui palpator 3 se află în contact cu lentila de verificat.

#### 17.4. Teșirea finală (fațetarea) a lentilelor

La locul de intersecție a dioptrilor prelucrați cu suprafața cilindrică auxiliară apar muchii vii, care trebuie fațetate. Fațetarea se execută după operația de centrare.

Procedeul de executare a teșiturilor se alege în funcție de metoda de centrare adoptată și forma sferică sau conică a fațetei.

În cazul centrării mecanice, operația se execută mai întâi pe suprafața rămasă liberă după prelucrarea suprafeței cilindrice exterioare fără a o desprinde din mandrină. Pentru fațetarea celei de-a doua suprafețe se desprinde lentila de pe mandrină, se întoarce și se lipește cu mastic pe fața prelucrată.

În cazul lentilelor centrate optic, teșirea se execută cu o ceașcă de șlefuit (fig. 17.12), utilizând abraziv fin.

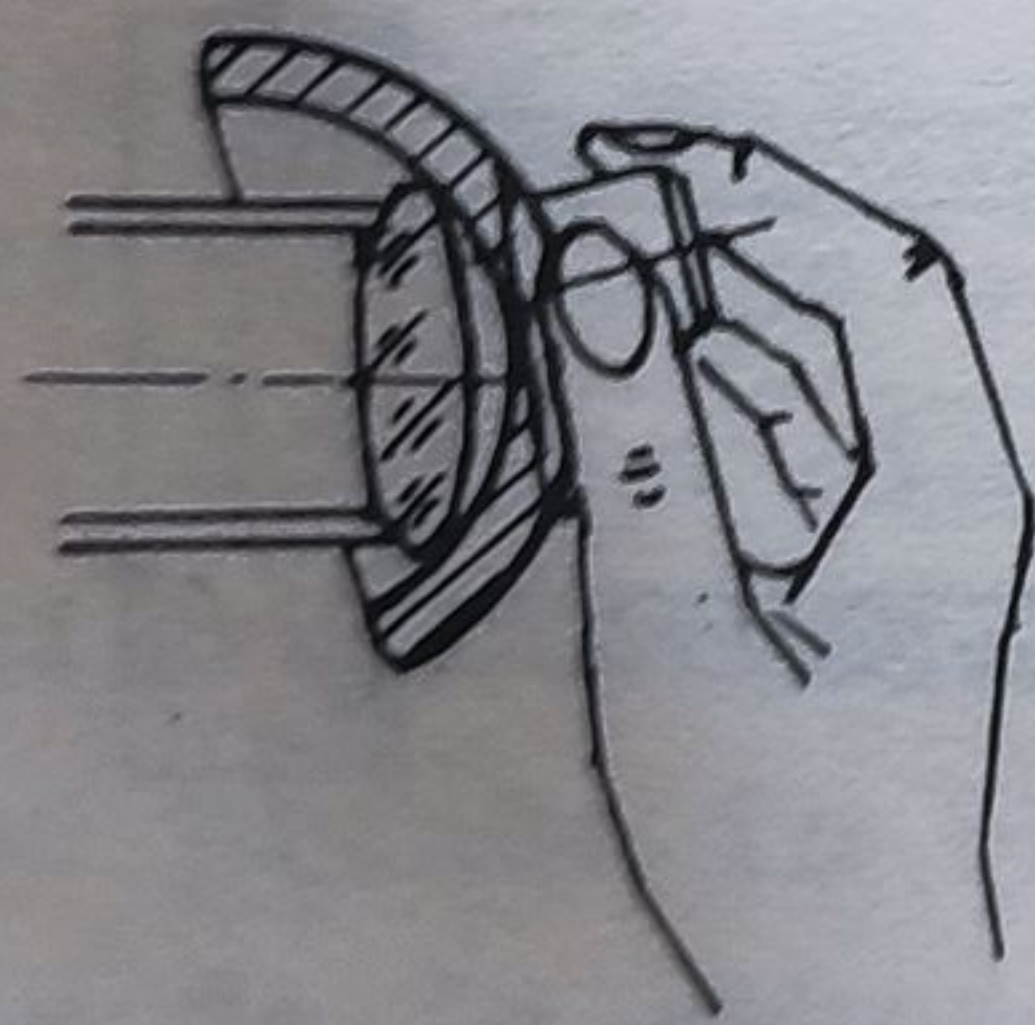


Fig. 17.12. Teșirea finală a lentilelor cu ceașcă de șlefuit și abraziv liber.

Raza de curbură necesară a ceștii pentru a obține înclinarea și mărirea fațetei se determină ca la șlefuirea brută. La lentilele cu rază mică de curbură teșirea nu se face cu ceașcă, ci cu o lamă din alamă și abraziv fin.

După teșire, lentila se curăță bine de abraziv cu apă curată, se șterge pe contur cu un burete vegetal, se desprinde de pe mandrină și se introduce în solventul de spălare.



Calculul razei suprafeței sferice a cegții de fațetare pentru execuția fațetei sub un unghi  $\varphi$  se face cu relația:

$$R_{\varphi} = \frac{D_1}{2 \cos \varphi} ,$$

în care:  $D_1$  este diametrul lentilei;  
 $\varphi$  - unghiul fațetei.

Dacă unghiul fațetei are valoarea  $\varphi = 45^\circ$ , atunci  $R_{\varphi} = 0,7 D$ .

Pentru prelucrarea fațetelor conice, după efectuarea centrării, arborele principal al mașinii-unelte se rotește cu unghiul necesar, fațetarea făcându-se cu aceeași sculă cu care s-a făcut centrarea.

În cazul folosirii sculelor cu diamant (fig.17.13)

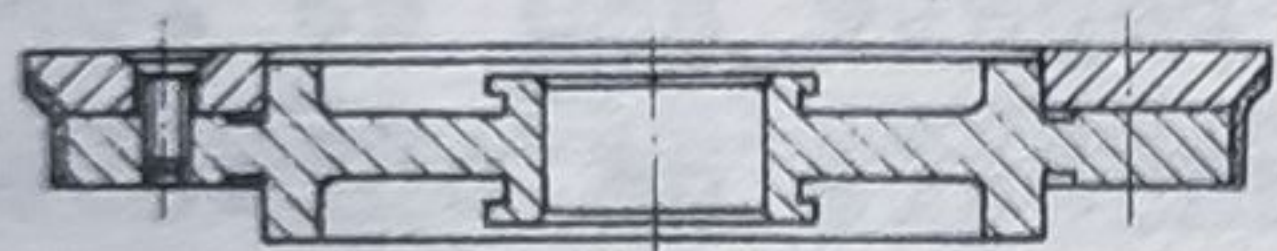


Fig.17.13. Disc pentru  
teșire.

special profilate, fațetarea se execută fără rotirea arborelui principal, imediat după centrare. Prelucrarea fațetei pe cea de-a doua suprafață a lentilei se face cu ajutorul pietrelor abrazive sau diaman-

tate pe mașini-unelte de construcție specială.

Pentru lentilele a căror centrare se face în mandrine autocentrante, fațetarea se face în operații separate. Fixarea lentilelor în vederea fațetării se face manual, în bușe elastice, în instalații pneumatice sau prin lipire cu mastic. Ceașca de fațetat, fixată în arborele principal al mașinii-unelte, execută o mișcare de rotație.



## Capitolul 18

### TEHNOLOGIA DE EXECUȚIE A PIESELOR OPTICE

#### 18.1. Tipuri de producție

În funcție de volumul produselor fabricate, de încărcarea utilajelor, de execuția pieselor asemănătoare și de alte caracteristici tehnico-organizatorice, se deosebesc trei tipuri principale de producție: producția de unicate, producția de serie și producția de masă.

Producția de unicate sau individuală este caracterizată prin aceea că produsul se fabrică într-un singur exemplar sau într-un număr redus de exemplare, la locurile de muncă executându-se o mare varietate de operații, fără ca acestea să se mai repete sau se repete la intervale neregulate. În producția de unicate se execută piese optice din cele mai precise, de gabarit mare sau cu destinație specială. Producția de unicate ocupă cca 5-10% din volumul de producție al secțiilor optice, de obicei, aceasta fiind executată în cadrul atelierelor de prototipuri și produse unicate.

Producția de serie, care poate fi de serie mică, mijlocie sau mare, constă în executarea la majoritatea locurilor de muncă, după aceeași documentație, a aceluiași operații asupra unor loturi de piese, stabilite în concordanță cu programul de lansare a fabricației.

În secțiile optice predomină, de obicei, producția de serie mică și mijlocie. În producția de serie mare se execută doar unele piese izolate. Producția de



unice coexistă cu cea de serie în cazul unui nomenclator larg de piese și a unor loturi experimentale mari.

Producția de serie mică în secțiile optice are următoarele particularități:

- piesele optice de înaltă precizie se execută în cantități mult mai mici în comparație cu piesele de precizie normală;
- utilizarea mașinilor-unelte de precizie și scumpe la executarea unor cantități mici de piese optice este dezavantajoasă și deci nerațională;
- utilizarea metodei de sortare a pieselor optice pe grupe de dimensiuni, în scopul micșorării preciziei de prelucrare impuse este neadecvată, deoarece piesele se execută în loturi mici, în perioade de timp neegale;
- ultima operație executată asupra pieselor optice este finisarea prin polisare, operație care necesită un mare volum de muncă, un rebut în această fază fiind nerecuperabil sau remediindu-se foarte greu, consumând un mare volum de muncă;
- semifabricatele pieselor optice sînt supuse operației de șlefuire, după executarea operațiilor pregătitoare, avînd o mare dispersie a dimensiunilor, ceea ce necesită o reglare a mașinilor-unelte universale pentru fiecare piesă sau bloc de piese în parte;
- mașinile-unelte trebuie să fie ieftine și relativ simple, cu alimentare manuală.

Cantitatea de produse (piese optice) executată într-un anumit interval de timp planificat (an, trimestru sau lună), se numește program de producție.

Prin lot de piese se înțelege cantitatea de



produse (piese optice) care intră în același timp în lucru într-un atelier al secției pentru a fi prelucrată în decursul unui interval determinat de timp (ciclul de lucru).

Ciclul se exprimă prin timpul consumat pentru prelucrarea unui lot de piese sau a unei singure piese.

Producția de masă este caracterizată prin aceea că la locul de muncă se execută în mod permanent aceeași operație, produsele fabricându-se în mod permanent într-un număr relativ mare de bucăți. Produsele sînt prelucrate și asamblate în decursul unui interval de timp dat, impus de un anumit ritm al producției. Ritmul producției constă în intervalul de timp în care este executat produsul în întregime și este exprimat prin relația

$$R = \frac{\tau}{P_f} ,$$

în care:  $\tau$  este fondul de timp de lucru real (anual, pe schimb sau altă perioadă de timp), în min;

$P_f$  este programul de fabricație al produsului în același interval de timp, în buc.

Organizarea producției de masă a pieselor optice este o problemă de perspectivă, în prezent fiind la început.

## 18.2. Procesul de fabricație

Procesul de fabricație al unei secții optice constă dintr-un ansamblu de acțiuni al căror rezultat este transformarea blocurilor de sticlă a semifabricatelor presate în piese optice.



Pregătirea procesului de fabricație necesită parcurgerea următoarelor etape:

- elaborarea condițiilor tehnice privind produsul;
- planificarea producției și stabilirea datelor concrete (etape, termene etc.) ale procesului de fabricație a produsului;
- organizarea aprovizionării cu materii prime, materiale sau semifabricate și a cooperărilor necesare întreprinderii;
- elaborarea proceselor tehnologice de execuție și de control ale pieselor;
- proiectarea proceselor tehnologice tip, mecanizarea și automatizarea fabricației;
- proiectarea și execuția echipamentului tehnologic (S.D.V.-urile);
- elaborarea metodelor de experimentare a produsului și procurarea mijloacelor necesare pentru aceasta;

- organizarea desfacerii produselor fabricate.

Printre noțiunile utilizate în organizarea, planificarea și desfășurarea proceselor de fabricație în întreprinderi se întâlnesc frecvent noțiunile de: normă de producție, volum de muncă, capacitate a utilajului, explicate pe scurt în cele ce urmează.

Norma de producție reprezintă cantitatea de produse (piese optice) sau de lucrări stabilite a se efectua într-o unitate de timp (oră, minut) de către unul sau mai mulți executanți care au o calificare corespunzătoare, în condiții tehnico-organizatorice precizate ale locului de muncă. Norma de producție se exprimă în unități naturale (buc., kg, m etc.), pe



unitatea de timp-om (secundă-om, minut-om, oră-om, schimb-om, zi-om etc.).

Volumul de muncă se exprimă prin intervalul de timp consumat pentru o anumită parte determinată a procesului tehnologic.

Capacitatea utilajului reprezintă timpul efectiv de funcționare a mașinilor și utilajelor și se exprimă în mașini-unelte-ore sau mașini-ore.

Partea esențială a procesului de fabricație a constituie procesul tehnologic.

### 18.3. Procesul tehnologic

Procesul tehnologic de execuție a pieselor optice este un ansamblu de operații și de acțiuni destinate modificării formei, dimensiunilor, proprietăților, poziției relative a suprafețelor etc. ale unor semifabricate din sticlă și transformarea lor în produse finite - piese optice.

Procesul tehnologic de execuție a pieselor optice cuprinde prelucrarea prin șlefuire a suprafețelor active și neactive, prelucrarea prin polizare a suprafețelor optice active și acoperirile de suprafață.

Elementele de bază (etapele) ale unui proces tehnologic sînt: operația, faza, trecerea, mînuirea și mișcarea, prezentate în cele ce urmează.

Operația este partea din procesul tehnologic care se realizează la un singur loc de muncă, pe o anumită mașină, cu una sau mai multe scule. O operație este compusă din mai multe faze.

Faza este partea din operație care se execută la o fixare a piesei, cu aceeași sculă și același regim de așchiere. Se realizează prin una sau mai multe treceri.



Trecerea este partea din fază care se execută printr-o singură deplasare a sculei și cu același regim, în timpul căreia se îndepărtează un strat de material. La o singură prindere se pot efectua mai multe treceri.

Operațiile de șlefuire și polisare a suprafețelor active ale pieselor optice se realizează prin câteva treceri, care se deosebesc între ele prin schimbarea granulației abrazivului sau corectarea sculei.

Mînuirea este compusă din totalitatea mișcărilor necesare executării unei faze de lucru, respectiv a unei treceri, fiind, așadar, o parte a trecerii sau fazei, caracterizată prin acțiuni precise ale muncitorului, ca: așezarea sau scoaterea piesei (blocului), pornirea sau oprirea mașinii etc. În producția individuală manuală de piese optice, mînuirile sînt în număr mare și foarte diverse.

Mișcarea este o componentă a mînuirii, prin mișcare înțelegîndu-se orice deplasare a unui organ de lucru efectuată de muncitor în timpul lucrului și care poate fi măsurată în timp.

Tehnologia de prelucrare a pieselor optice se elaborează pe baza desenelor de execuție ale acestora și ținînd seama de: destinația piesei, dotările tehnice existente în sectoarele de prelucrare, condițiile tehnice prescrise, felul semifabricatului etc.

Documentația tehnologică se întocmește de către tehnologul de specialitate, care trebuie să cunoască bine produsul și să îndeplinească cerințele următoare:

- Să studieze detaliat, pe schema optică și pe desenele de ansamblu, destinația fiecărei piese; să



scoată în evidență efectul acțiunii suprafețelor optice active asupra fasciculului de lumină și a imaginii obiectelor; să clarifice destinația suprafețelor de bazare neoptice.

- Folosindu-se de desenele de execuție, să efectueze o analiză critică a condițiilor tehnice și a prescripțiilor de calitate și de precizie stabilite pentru piesele optice.

- Să stabilească mărimea seriei (a numărului de piese ce se vor executa după aceeași documentație) și lotul lunar de piese în concordanță cu utilajele existente și cu accesoriile acestora.

- Să aleagă forma semifabricatului și procedeul tehnologic de obținere a acestuia. Trebuie studiată posibilitatea organizării producției de semifabricate la întreprinderea respectivă, producătoare de piese optice sau procurarea acestora prin cooperarea cu alte întreprinderi. În cazul când se hotărăște executarea semifabricatelor în aceeași întreprindere se va elabora documentația tehnologică și pentru execuția acestora.

- Prin comparație să se aleagă, din procesele tehnologice elaborate, varianta cea mai eficientă și mai productivă pentru condițiile de fabricație existente.

Alegerea unei anumite variante a procesului tehnologic condiționează și alegerea procedeului de fixare a semifabricatului: bucată cu bucată, în blocuri (elastic sau rigid), fără dispozitiv de strângere sau cu dispozitiv. Prelucrarea cu scule abrazive sau prin șlefuire cu abraziv în suspensie determină întrebuintarea unui anumit tip de utilaj specific procedeului folosit.



După efectuarea celor cinci etape de elaborare a procesului tehnologic, se execută desenul semifabricatului. După desenul de execuție al piesei și în corelare cu desenul semifabricatului, se elaborează detaliat acea variantă a procesului tehnologic care a fost apreciată că este mai eficientă.

Documentația tehnologică trebuie să cuprindă toate datele necesare execuției pieselor optice, acestea fiind exprimate, îndeosebi prin: desenul semifabricatului, desenul de execuție al piesei, planul de operații și fișa tehnologică.

Desenele de execuție stau la baza întocmirii celorlalte documente tehnologice.

Planul de operații este documentul tehnologic care conține: succesiunea operațiilor de prelucrare; mărimea adaosurilor de prelucrare pentru fiecare operație; sculele, dispozitivele și verificatoarele necesare executării, prinderii și controlului piesei; numărul de bucăți prelucrate simultan; tipul utilajului sau al instalației; materialele tehnologice auxiliare etc.

Fișa tehnologică conține mai desfășurat operațiile și fazele de lucru, mărimea loturilor de fabricație, timpii de prelucrare, categoriile de încadrare ale operațiilor, locurile de muncă, deservirea utilajelor și a instalațiilor etc. În figura 18.1 este prezentat un model de fișă tehnologică folosită în industria optică a țării noastre.

La elaborarea procesului tehnologic este necesar să se prevadă posibilitatea tipizării tehnologiilor și unificării prelucrării pieselor care au dimensiunile, configurația și particularitățile tehnologice de prelucrare asemănătoare.



Întreprinderea:		Fişa tehnologică nr.				Data:		Fila Nr.	
Produsul:	Cod produs:	Valabili pentru:		Varianţa tehnol.	Lot, optim	Ciclu	Numele	Semnătura	
	Cod reper:	Buc./prod.	Coef. tehnol.	Cod, proc. tehnol.	Cod MAGF	Elaborat			
Material de bază şi STAS	Forma de livrare	Dimens. pe bucăţi		Cod, material	Cod grupă plan aprov.	Greut. netă	Cod U/M	Coef. aprov.	Urgenţă de fabric.
Nr. oper.	Denumirea operaţiei	Cod listă S.D.V.	Cod. fabr. secţie atel.	Cod maş. sau post lucru manual	Buc. prel. simultan	Deservire	Categ. freaptă	Timp normal	
								Preg.	Unitar om maşină

## Fişa tehnologică-verso-materiale auxiliare

Material de bază şi STAS	Forma de livrare şi STAS	Cod material	Cod. aprov.	Dimensi şi con-sum tehnol. unitar	Coef. tehnol.	U/M	Cod U/M	Coef. aprov.	Gr. netă	Urgenţă aprov.

Fig.18.1. Model de fişă tehnologică.



#### 18.4. Tehnologia de execuție a lentilelor

Procesul tehnologic general pentru executarea unei lentile constă din următoarele faze și operații:

- măsurarea și trasarea blocului de sticlă;
- debitarea plăcilor din bloc pe mașină;
- trasarea plăcilor de sticlă;
- debitarea manuală a plăcilor în pătrate;
- tăierea sau ruperea colțurilor;
- controlul pieselor după operația de debitare;
- blocarea pieselor pe plăci;
- șlefuirea plană a unei fețe;
- încălzirea plăcii, deblocarea și spălarea pieselor;
- blocarea pieselor pe plăci pe suprafața șlefuită;
- șlefuirea plan-paralelă a pieselor;
- încălzirea plăcii, deblocarea și spălarea pieselor;
- încolonarea pieselor;
- rotunjirea coloanei (toate etapele amintite);
- încălzirea, dezlipirea și spălarea pieselor;
- șlefuirea brută a razelor de curbură (ambele fețe);
- teșirea muchiilor;
- controlul operației de șlefuire brută;
- chituirea lentilei pentru prelucrarea feței I;
- blocarea lentilelor pe dispozitiv (formarea blocului);
- șlefuirea medie și fină a primei fețe a lentilei;
- polisarea primei fețe;
- spălarea blocului și lăcuirea feței prelucrate;
- deblocarea și deschituirea lentilelor;
- chituirea pentru prelucrarea feței a II-a;
- curățarea lentilelor pe fața a II-a;



- blocarea lentilelor pe dispozitiv;
- șlefuirea medie și fină a blocului;
- polisarea celei de a doua fețe;
- spălarea blocului și lăcuirea lentilelor;
- deblocarea și deschituierea lentilelor;
- spălarea și degresarea lentilelor;
- controlul pieselor după operația de polisare;
- centrarea și debordarea lentilei;
- teșirea finală a lentilei;
- spălarea și degresarea finală;
- controlul final al lentilei.

Cu aceasta, prelucrarea lentilei este considerată terminată, ea putînd fi dirijată apoi către operațiile speciale: lipire, tratament etc.

Procese tehnologice în diferite cazuri posibile se stabilesc prin anularea operațiilor ce nu sînt necesare, potrivit variantei tehnologice stabilite.

Procesul tehnologic pentru confecționarea lamelor plan-paralele poate deriva de asemenea din acest proces tehnologic general, prin anularea fazelor legate de șlefuirea suprafețelor sferice.

În figura 18.2 este prezentat planul principalelor operații pentru executarea unei lentile biconvexe, iar în figura 18.3 - planul de operații pentru executarea unei lame plan-paralele de precizie medie.

Tehnologia lentilelor frontale ale obiectivelor de microscop. În producția de serie, lentilele frontale ale obiectivelor și condensorilor microscopului se execută din bile polisate. Bilele cu diametrul mai mic de 10 mm se execută din cuburi.



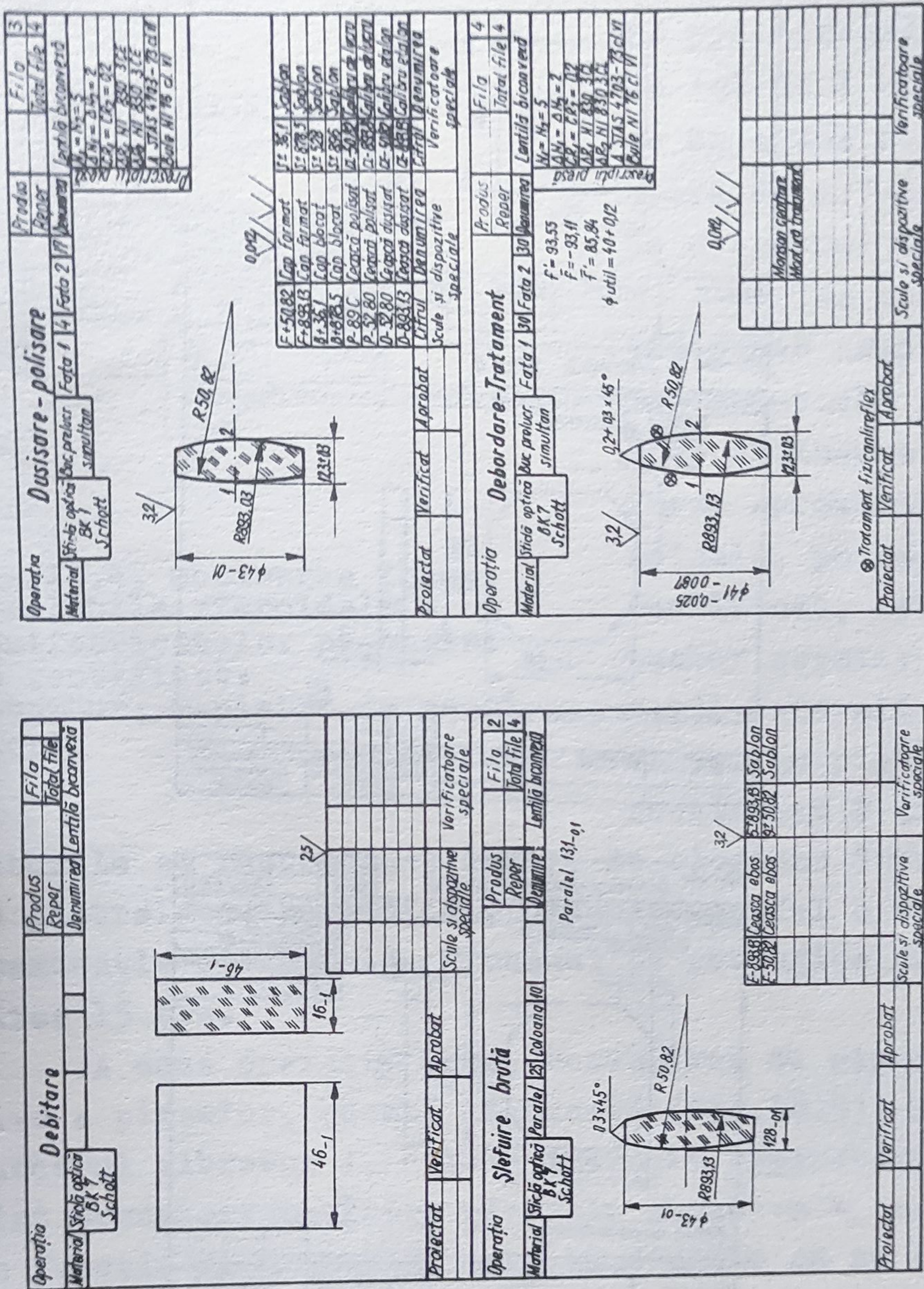


Fig.18.2. Planul de operații pentru executarea unei lentile biconvexe.



Operația <b>Debitare</b>				Produs	Fila	1
				Reper	Total file	3
Material	Geam tras calit. I STAS 853-68	Buc. prelucr. simultan		Denumire	Lamă plan paralelă	

Proiectat	Verificat	Aprobat	Cifru/ Denumirea Scule și dispozitive speciale	Cifru/ Denumirea Verificatoare speciale

Operația <b>Șlefuire brută</b>				Produs	Fila	2
				Reper	Total file	3
Material	Geam tras calit. I STAS 853-68	Buc. prelucr. simultan	Paralel 20	Coloana 17	Denumire	Lamă plan paralelă

Muchiile ascuțite se fațetează 1,2 × 45°

Proiectat	Verificat	Aprobat	Cifru/ Denumirea Scule și dispozitive speciale	Cifru/ Denumirea Verificatoare speciale

Operația <b>Disisare-polisare-control</b>				Produs	Fila	3
				Reper	Total file	3
Material	Geam tras calit. I STAS 853-68	Buc. prelucr. simultan	1	Denumire	Lamă plan paralelă	

Muchiile ascuțite se fațetează cu 1 × 45°

Proiectat	Verificat	Aprobat	Cifru/ Denumirea Scule și dispozitive speciale	Cifru/ Denumirea Verificatoare speciale

Fig.18.3. Planul de operații pentru executarea unei lame plan-paralele de precizie medie.



Procesul tehnologic de executare a bilelor polisate este automatizat. Operațiile pregătitoare constau în tăierea sticlei în formă de cuburi, cu ajutorul

unui disc diamantat. Se prelucurează odată un lot de 1 000 buc , cu un adaos de prelucrare de 0,7-1,2 mm pe diametrul bilei.

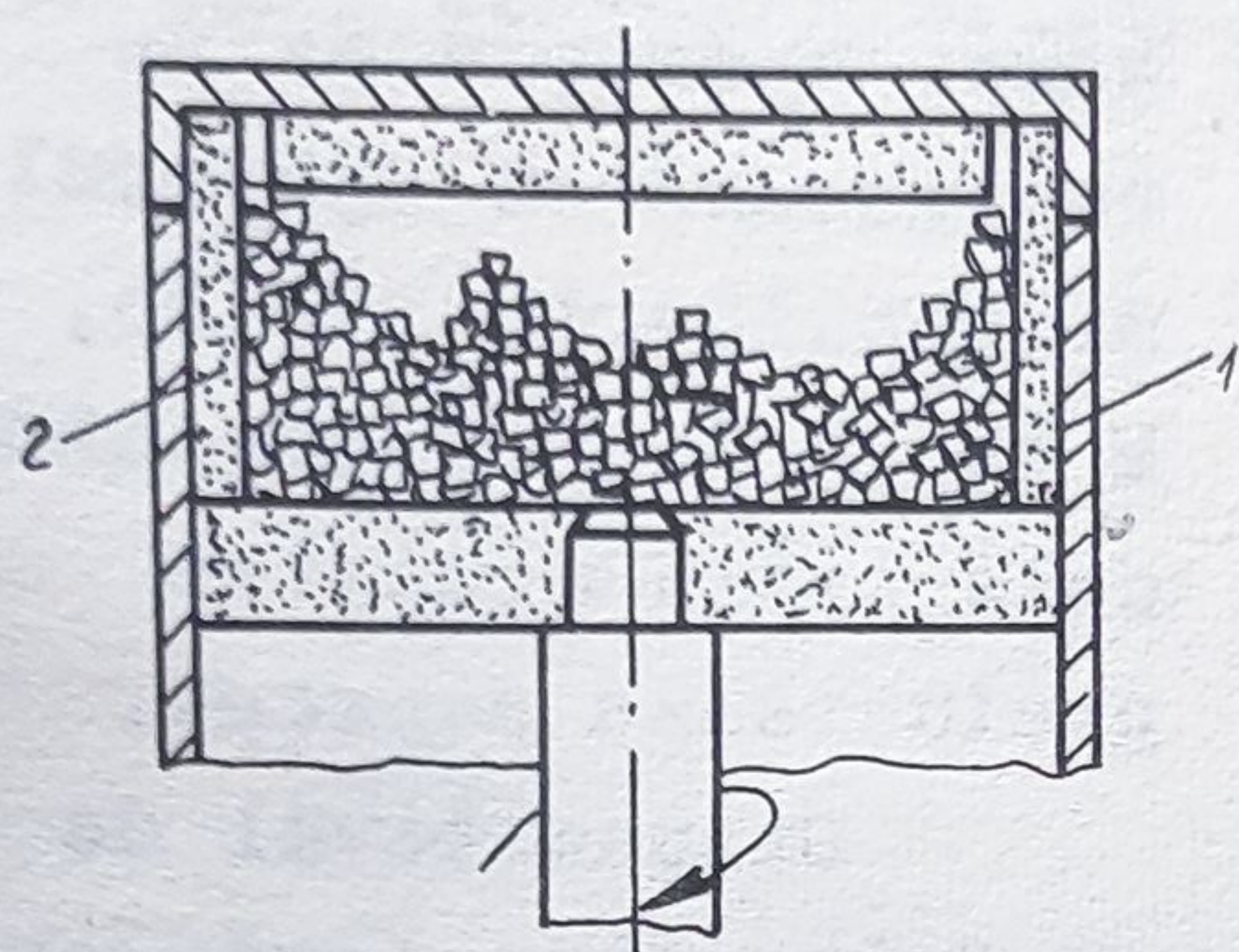


Fig.18.4. Obținerea formei prealabile sferoidale a semifabricatelor pe mașini de rectificat: 1-tambur; 2-pietre de rectificat.

Prima operație efectuată asupra cuburilor de sticlă are drept scop obținerea unei forme aproximativ sferoidale, pe mașini de rectificat, avînd un tambur rotativ cu pereții laterali 1 prevăzuți cu pietre de rectificat 2 (fig.18.4).

Cuburile se rostogolesc liber, se ciocnesc între ele și cu pietrele de rectificat, căpătînd astfel o formă aproximativ sferoidală. Procesul de rotunjire durează circa 15 ore.

A doua operație este, rotunjirea cu pietre abrazive a pieselor, bucată cu bucată (fig.18.5). Din buncărul vibrator 1, bilele 2 cad în separatorul 3 și sînt transportate între pietrele abrazive 4, reglate în funcție de diametrul care se dorește să se obțină. După prelucrarea de degroșare la diametru, bilele merg într-o instalație de sortare 5 care, împarte bilele în patru grupe avînd o diferență de diametru de pînă la 0,1 mm.



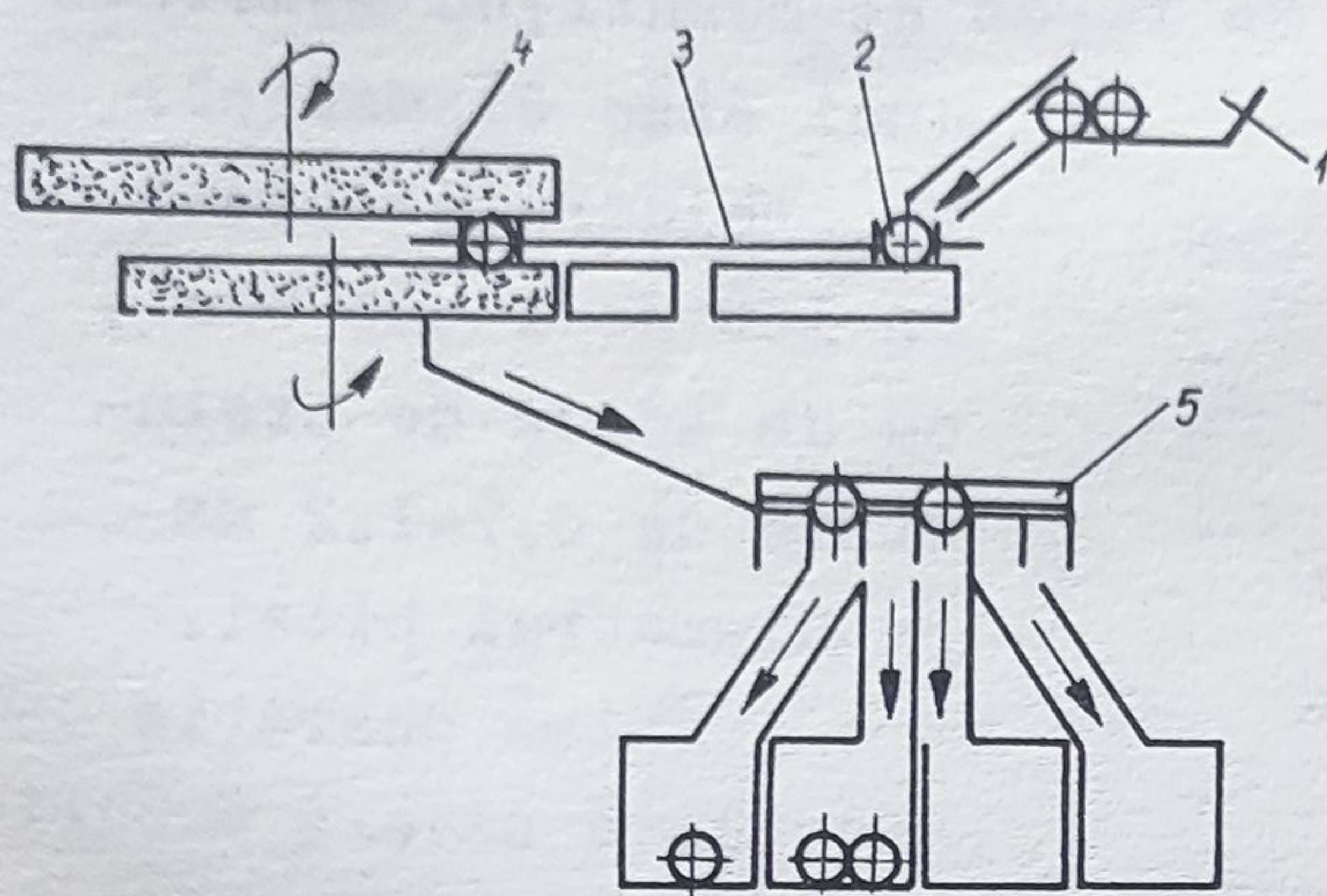


Fig.18.5. Schema rotunjirii semifabricatelor:  
1-buncăr vibrator; 2-bile;  
3-separator; 4-pietre abra-  
zive; 5-instalație de sor-  
tare.

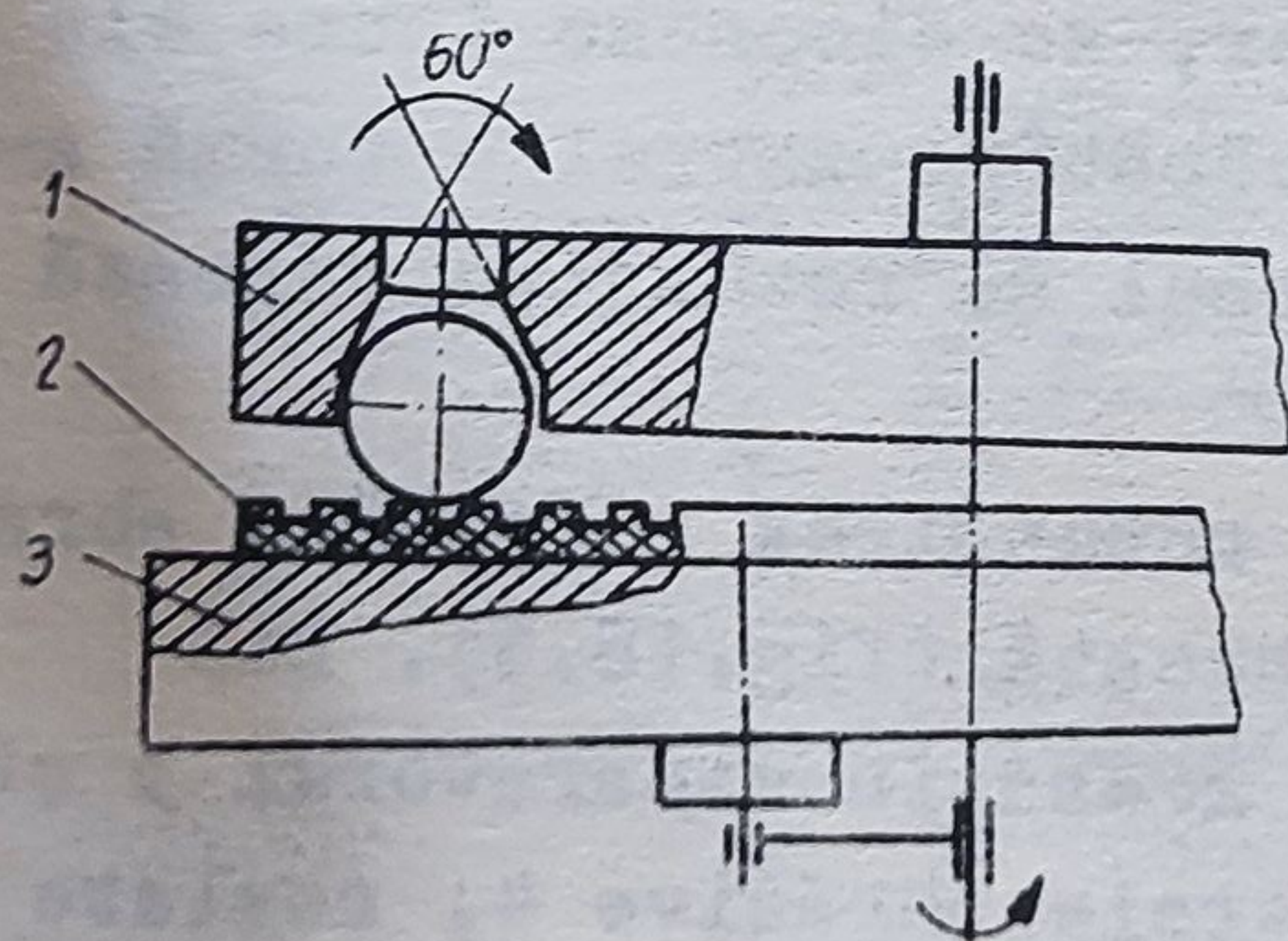


Fig.18.6. Slefuirea bilelor:  
1-dispozitiv de șlefuit;  
2-placă profilată de cauciuc;  
3-disc.

Operația durează cca 15 ore.

A treia operație o constituie șlefuirea de semifinisare și finisare, operație ce se realizează cu ajutorul micropulberilor M 20, M 14, M 7. Fiecare din cele patru grupe se prelucrează separat.

Dispozitivul de șlefuit, din alamă, are un orificiu conic având unghiul la vîrf de  $60^{\circ}$  (fig.18.6). În orificiu intră bila pînă la  $\frac{2}{3}$  din diametrul său și se rotește liber, rodîndu-se suprafața conică. Rotirea bilelor în dispozitivul de șlefuit se realizează prin intermediul mișcării circulare a discului 3, care are lipită pe partea frontală o bucată de cauciuc cu profil în relief 2 și a cărui axă de rotație este dezaxată față de cea a dispozitivului de șlefuit 1. În conul



dispozitivului de șlefuit 1 bila are posibilitatea să se miște în trei direcții, ceea ce permite obținerea unei forme sferice perfecte. Suspensia de micro-pulberi se aduce în zona de lucru prin partea cilindrică a orificiului dispozitivului de șlefuit. Operația de șlefuire durează aproximativ 15 ore.

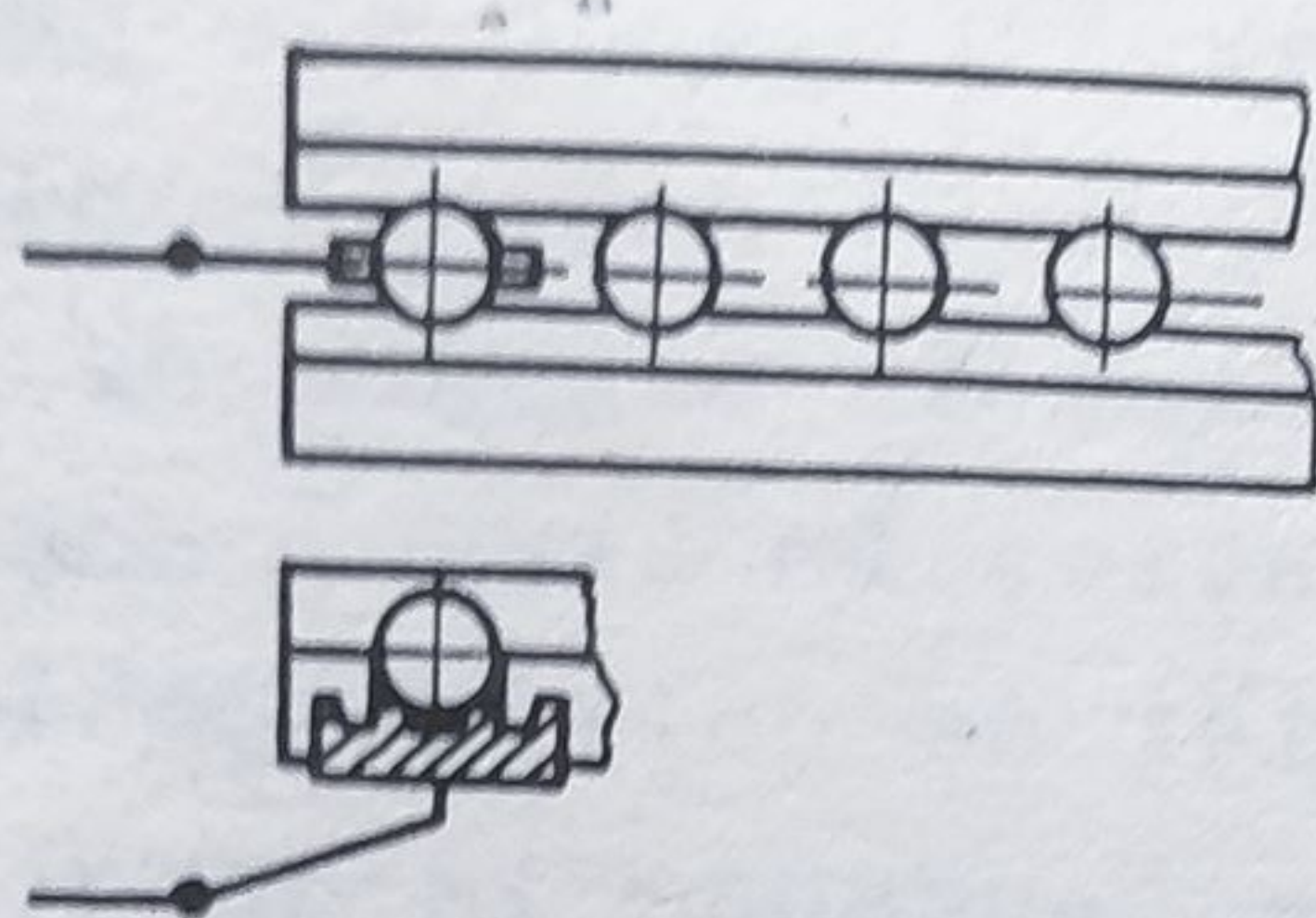


Fig.18.7. Sortarea bilelor după diametru cu ajutorul canalelor calibrate.

Apoi bilele se sortează automat, în funcție de diametru. Mecanismul de avans, transportă bilele pe canalul unghiular calibrat (fig.18.7), după care bilele cad, sortarea făcându-se în lo subgrupe, cu o precizie de 0,005 mm. În total se formează 40 subgrupe.

Polisarea se execută din două treceri ale sculei. La prima trecere, masticul folosit este ceva mai dur. După prima trecere, bilele se sortează pe un optimetru vertical, dotat cu un dispozitiv special ce permite o sortare cu o precizie de circa 1  $\mu$ m pe diametru. La a doua trecere se folosește un mastic mai moale. După aceea se verifică diametrul pe ultraoptimetrul cu sortator, având precizia de 0,1  $\mu$ m. Durata operației este mai mică de 15 ore. Pentru polisare, bilele se așază în canalele executate în masticul 3 de pe dispozitivul de poliat inferior 1 pe o adâncime de 1/4 din diametrul bilei (fig.18.8). Pentru a evita apariția zgîrieturilor,



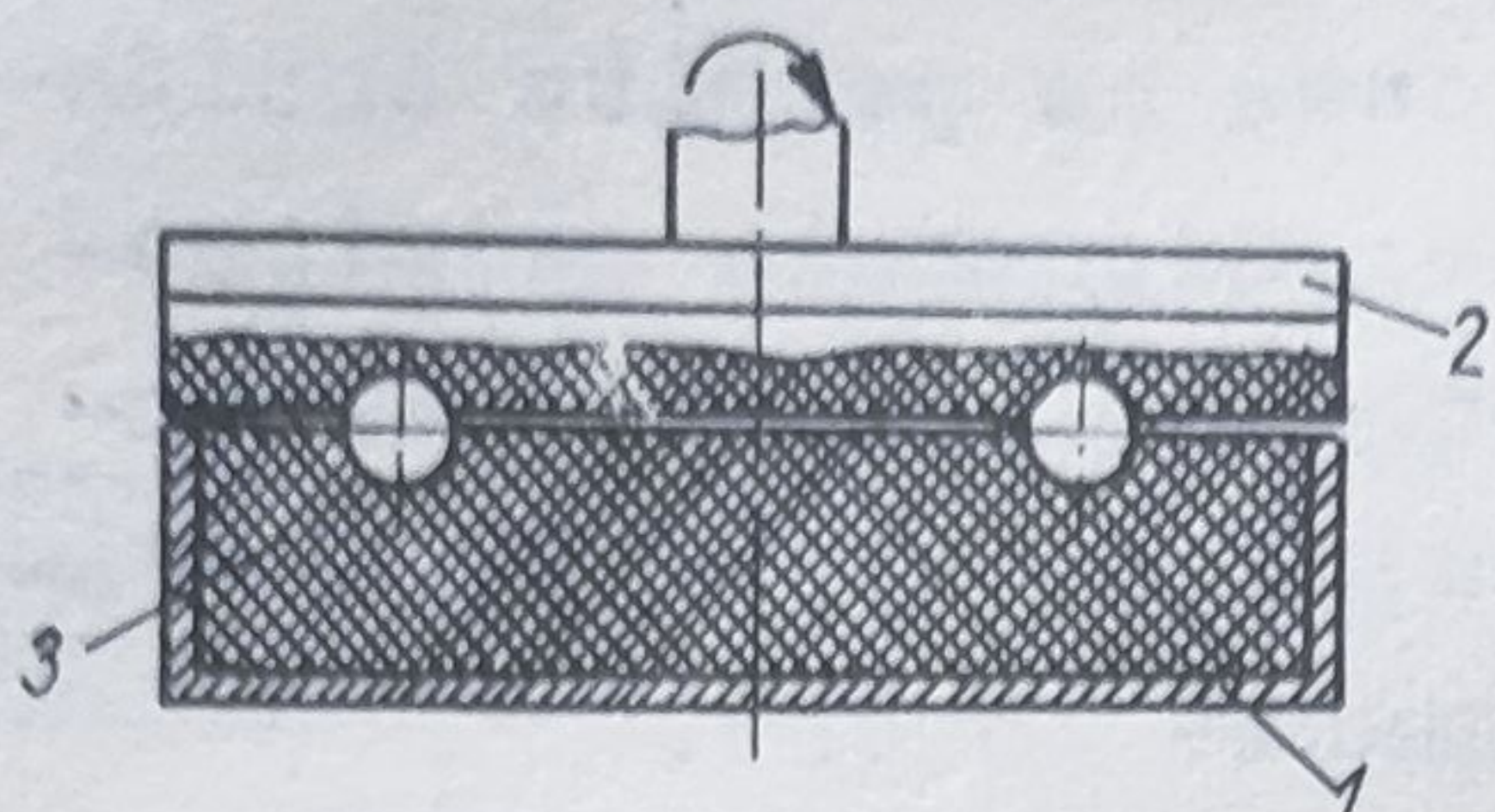


Fig.18.8. Polisarea bilelor:  
1-dispozitiv de poliat inferior; 2-dispozitiv de poliat superior; 3-mastic.

între bilele de sticlă se introduc bile din polistiren sau celuloid. Un canal cu aceeași rază și adâncime este executat în dispozitivul de poliat superior 2, fixat în arborele principal al mașinii-unelte, aflat în mișcare de rotație. În timpul operației de poliere, bilele tangente la canale,

se rotesc în toate direcțiile. Prelucrarea se face sub sarcină, folosind o suspensie de polirit. După un anumit interval de timp se face controlul pieselor poliate.

Controlul după diametru înlocuiește controlul cu ajutorul calibrelor optice, fiind totodată mai complet, deoarece eroarea de măsurare a diametrului cu ultra-optimetrul este mult mai mică decât la verificarea cu ajutorul calibrelor. De exemplu: pentru diametrul  $d=2$  mm și  $\Delta d=0,001$  mm rezultă

$$\Delta R = \frac{2}{d} \frac{\Delta d}{d} 100 = 0,01\%.$$

Această precizie este mai ridicată decât cele mai strânse condiții de precizie impuse pentru calibrele optice. Creșterea diametrului bilei duce la creșterea preciziei de execuție. Procesul tehnologic de prelucrare este conceput în așa fel încât să permită prelucrarea și controlul dimensional automat, operațiile manuale pregătitoare fiind eliminate.



Prelucrarea celei de-a doua suprafețe, care este plană, se execută în bloc, pe o placă de sticlă plan-paralelă, blocarea făcându-se prin lipire cu mastic. Bilele 1 se fixează în masticul 2 depus pe suprafața unei plăci 3 montate în arborele principal al mașinii-unelte de șlefuit-polisat (fig.18.9). Șlefuirea și polisarea se fac prin rodare liberă, până la obținerea grosimii necesare a lentilei, cu o toleranță la grosime de ordinul a  $0,01 \text{ mm}$ ,  $N = 1$  și  $N = 0,2$

Grosimea lentilei frontale obținute se controlează împreună cu placa dispozitivului, iar planeitatea suprafeței executate cu calibrul optic. Defectele de acuratețe se verifică cu ajutorul unei lupe cu mărire de 6-8x.

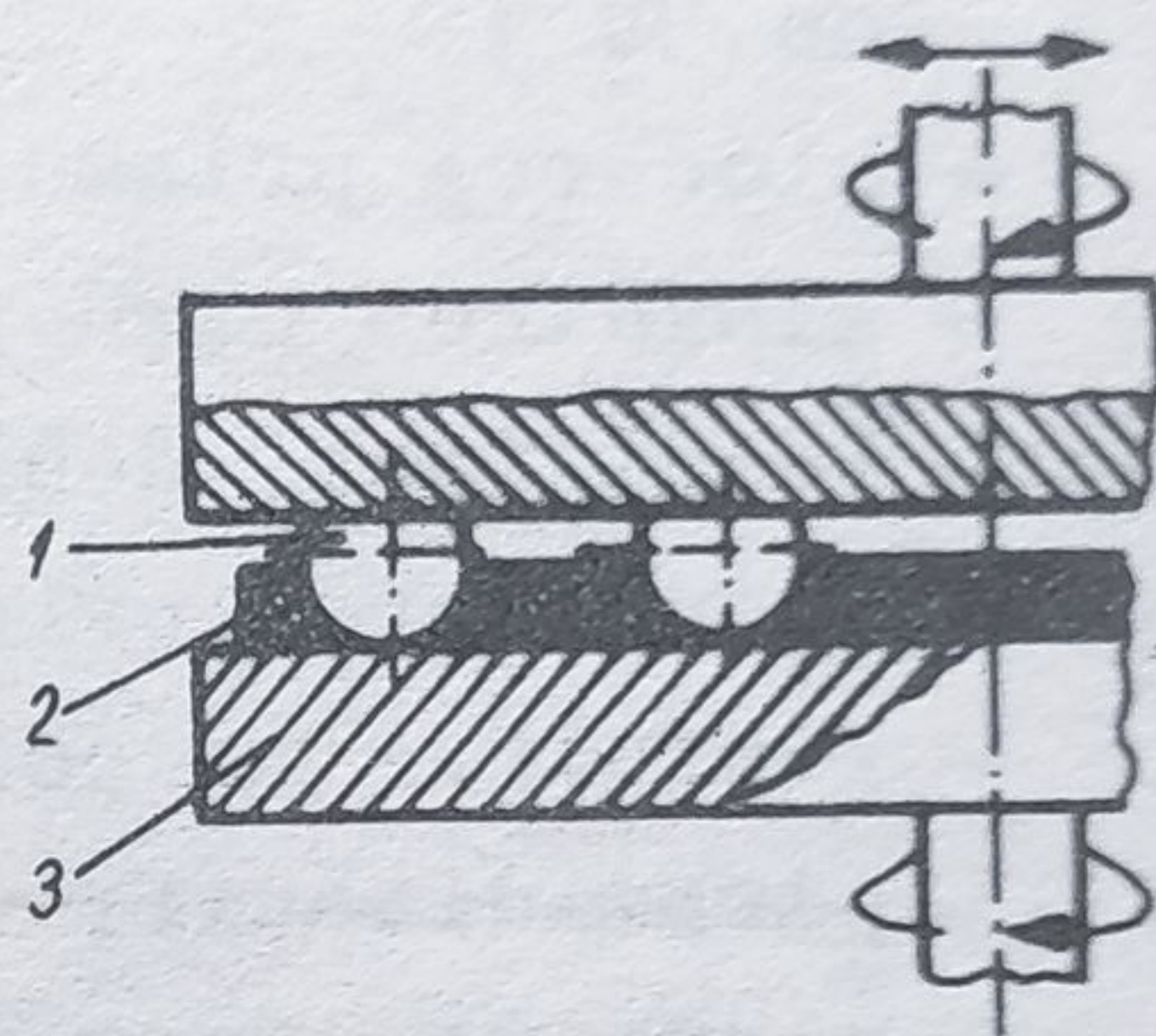


Fig.18.9. Execuția suprafețelor plane ale lentilelor frontale:  
1-bile; 2-mastic; 3-placă.

#### 18.5. Tehnologia de execuție a prismelor

Tehnologia de execuție a prismelor poate prezenta variante multiple, datorită formelor variate sub care acestea se pot prezenta, ca și gradului de precizie diferit în care trebuie obținute unghiurile și care poate determina particularizarea tehnologiei. În cele ce urmează, se va schița totuși, informativ, tehnologia prevăzută pentru executarea unor prisme normale de reflexie, de precizie medie:



- măsurarea și trasarea blocului;
- debitarea plăcilor din bloc pe mașină;
- trasarea plăcilor și debitarea în fîșii;
- blocarea fîșiilor pe plăci de lemn;
- debitarea prismelor pe mașină;
- controlul operației de debitare;
- îndreptarea unei fețe laterale și a unghiului de  $90^{\circ}$ ;
- blocarea prismelor pe plăci;
- șlefuirea plan-paralelă a prismelor;
- încălzirea, deblocarea și spălarea prismelor;
- încolonarea prismelor;
- șlefuirea în coloană a catetelor și verificarea piramidității;
- șlefuirea ipotenuzei și obținerea înălțimii;
- controlul unghiurilor coloanei;
- încălzirea, dezlipirea și spălarea prismelor;
- executarea canalelor, racordărilor sau a altor detalii de formă;
- teșirea muchiilor și colțurilor;
- controlul operației de șlefuire brută;
- blocarea prismelor pe plăci;
- șlefuirea medie și fină și polisarea unei fețe laterale;
- încălzirea plăcii, deblocarea și spălarea pieselor;
- reglarea unghiului și piramidității pentru prelucrarea primei catete;
- blocarea prismelor în casete;
- șlefuirea medie și fină a blocului;
- polisarea blocului;



- lăcuirea și deblocarea prismelor;
- reglarea unghiului de  $90^{\circ}$  pentru prelucrarea celei de a doua catete;
- blocarea prismelor în casete;
- șlefuirea medie și fină a blocului;
- polisarea blocului;
- lăcuirea și deblocarea prismelor;
- reglarea unghiurilor de  $45^{\circ}$ ;
- blocarea prismelor în casete;
- șlefuirea medie a blocului;
- polisarea blocului;
- lăcuirea și deblocarea prismelor;
- curățirea prismelor de ipsos;
- spălarea și degresarea finală a prismelor;
- controlul final al prismelor.

Prisme corespunzătoare la controlul final se dirijează apoi la operațiile speciale (argintare, tratament, lipire etc.).

Procesul tehnologic informativ, prezentat mai înainte, reprezintă cazul general. La prelucrarea unor prisme, conform desenelor de execuție, trebuie avute în vedere o multitudine de variante posibile, și, în special, procedeele moderne de prelucrare, care tind spre înlocuirea totală a prelucrărilor manuale cu prelucrări mecanice, care pot asigura precizia cerută.

Conform tehnologiei generale de execuție a prismelor, în figura 18.10 se prezintă planul de operații pentru executarea unei prisme cu reflexie totală.

În cele ce urmează, se va prezenta tehnologia de execuție a unor piese, al căror proces tehnologic nu respectă în totalitate tehnologia generală prezentată



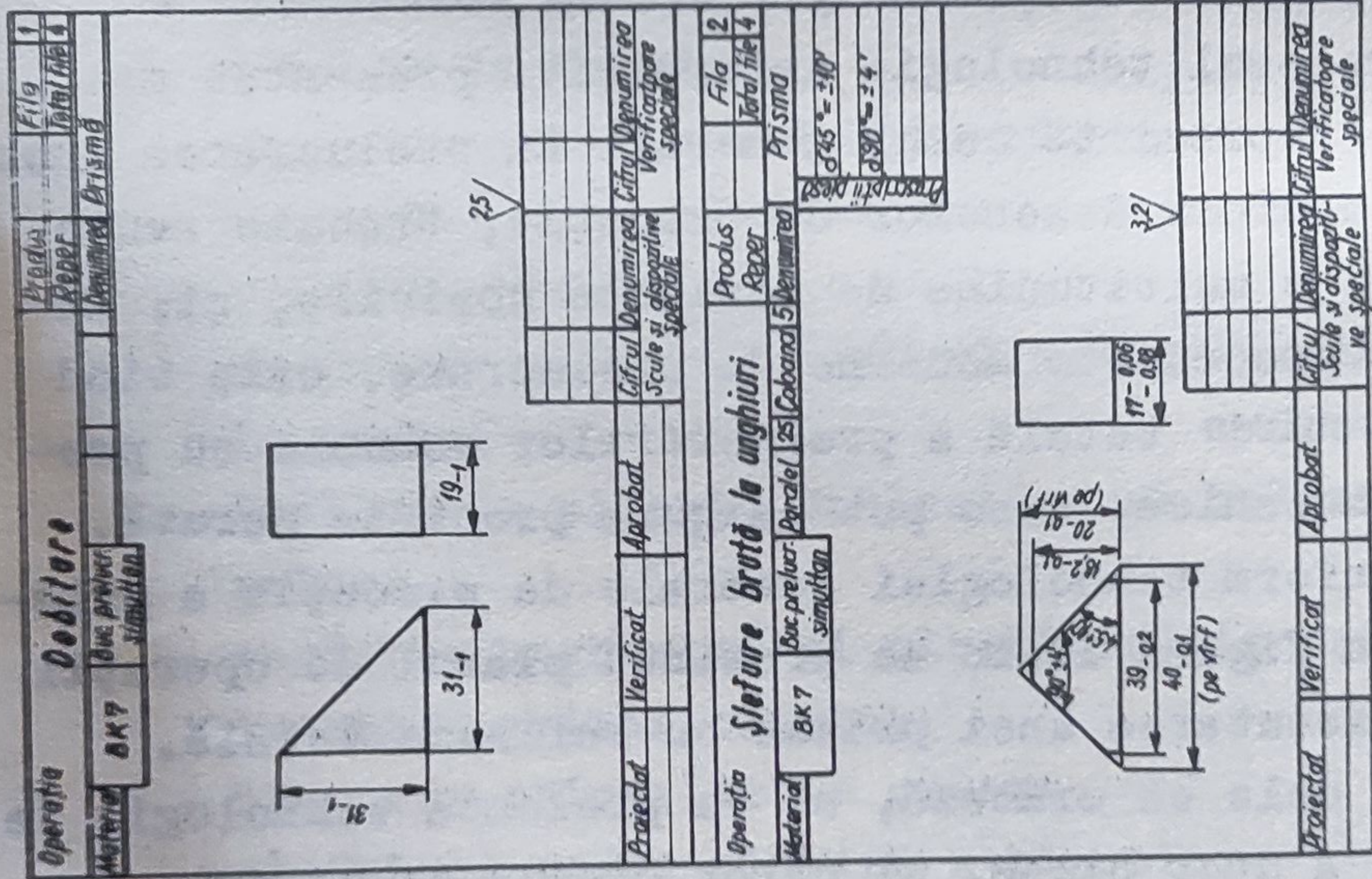
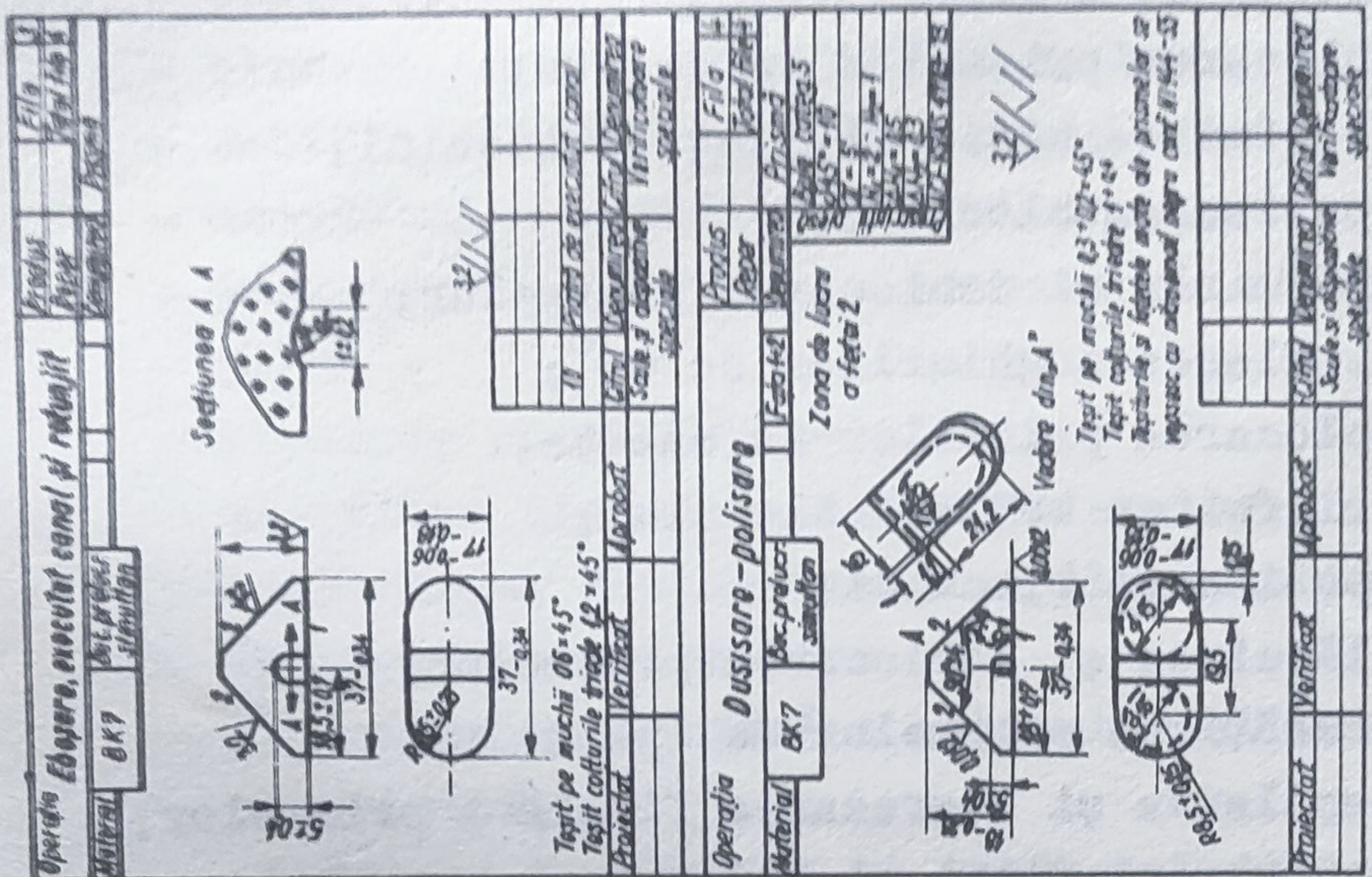


Fig.18.10. Planul de operații pentru executarea unei risme cu reflexie totală.





anterior. Ele reprezintă un grad maxim de precizie cerut în prelucrarea suprafețelor plane, necesitând o calificare înaltă a executanților.

Prelucrarea prismelor cu acoperiș. Prelucrarea prismelor cu acoperiș, reprezintă o lucrare pretentioasă, fiind vorba de obținerea unghiului de  $90^{\circ}$  al acoperișului în toleranțe de ordinul secundelor, la o planitate a suprafețelor ridicată ( $N = 0,3 - 0,5$ ).

Pentru exemplificare se va considera o prismă cu acoperiș normală (unghi de  $45^{\circ}$  și acoperiș, fig.18.11).

Debitarea și șlefuirea brută decurg în mod obișnuit.

Prima operație care se execută este șlefuirea și polisarea aproximativă a suprafețelor ce formează unghiul de  $45^{\circ}$ , spre a se putea verifica ulterior poziția acoperișului față de acesta.

Prismele se lipesc apoi cu parafină, două câte două pe o față a acoperișului și se șlefuiesc fin ( $N 20$ ) pentru constituirea bazei de plecare. Prelucrarea se face liber, piesele nefiind blocate în ipsos (fig.18.12).

După șlefuirea fină a feței acoperișului, prismele se deblochează. Pe baza feței șlefuite, se verifică unghiul de  $90^{\circ}$  la echerul optic.

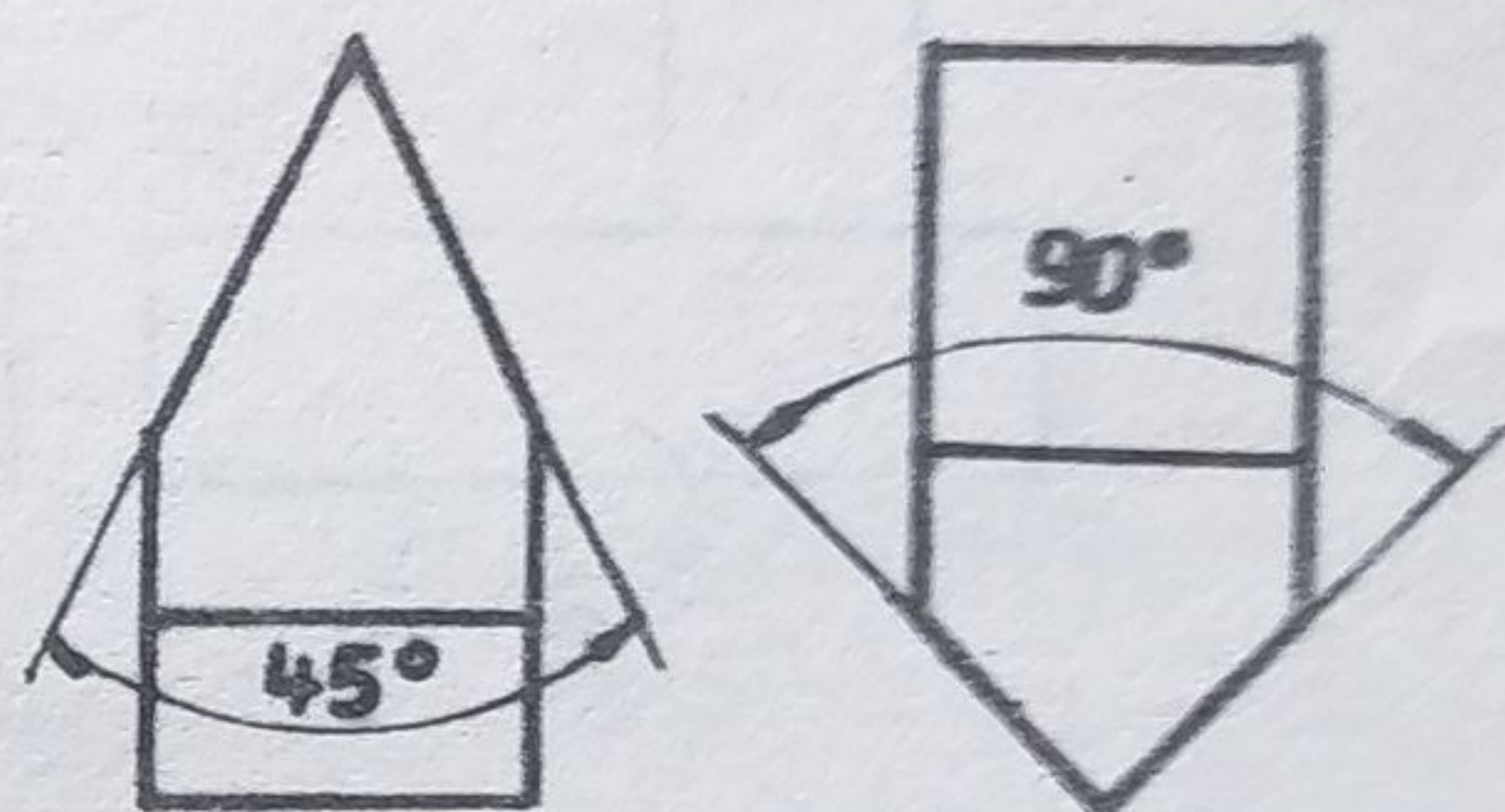


Fig.18.11. Prisme cu acoperiș.

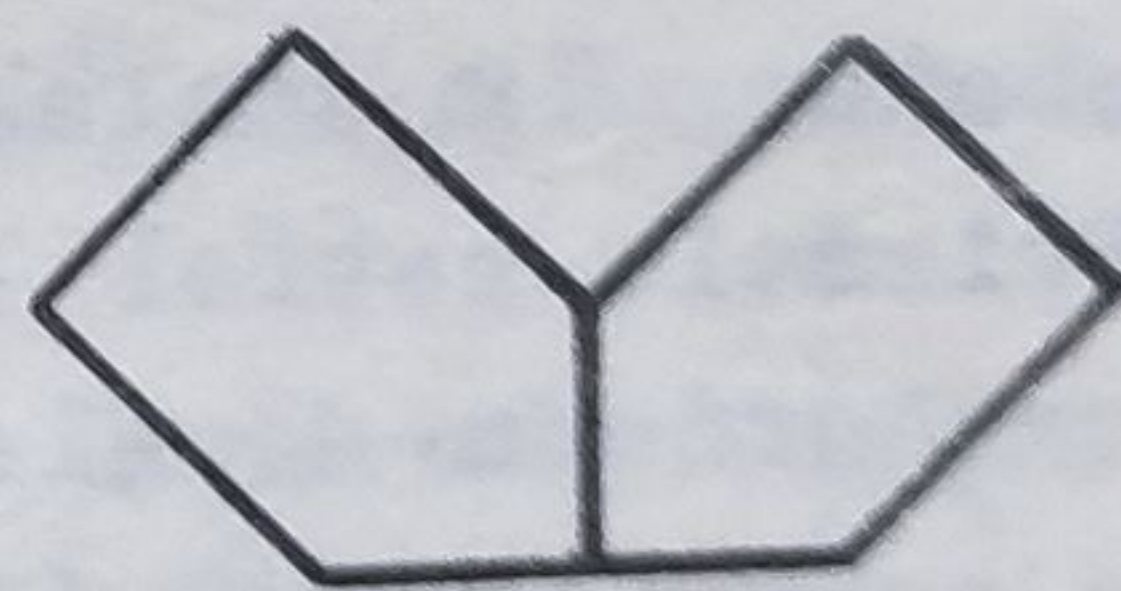


Fig.18.12. Blocarea prismelor cu parafină.



Acesta reprezintă un verificator special, compus dintr-o placă cu o suprafață foarte corect polisată ( $N = 0,2$ ) pe care se blochează la contact optic o cală paralelipipedică din sticlă, avînd unghiurile de  $90^\circ$  realizate în  $\pm 2''$  și suprafața regulată. Se formează deci un unghi etalon (fig.18.13,a). Prisma se așază

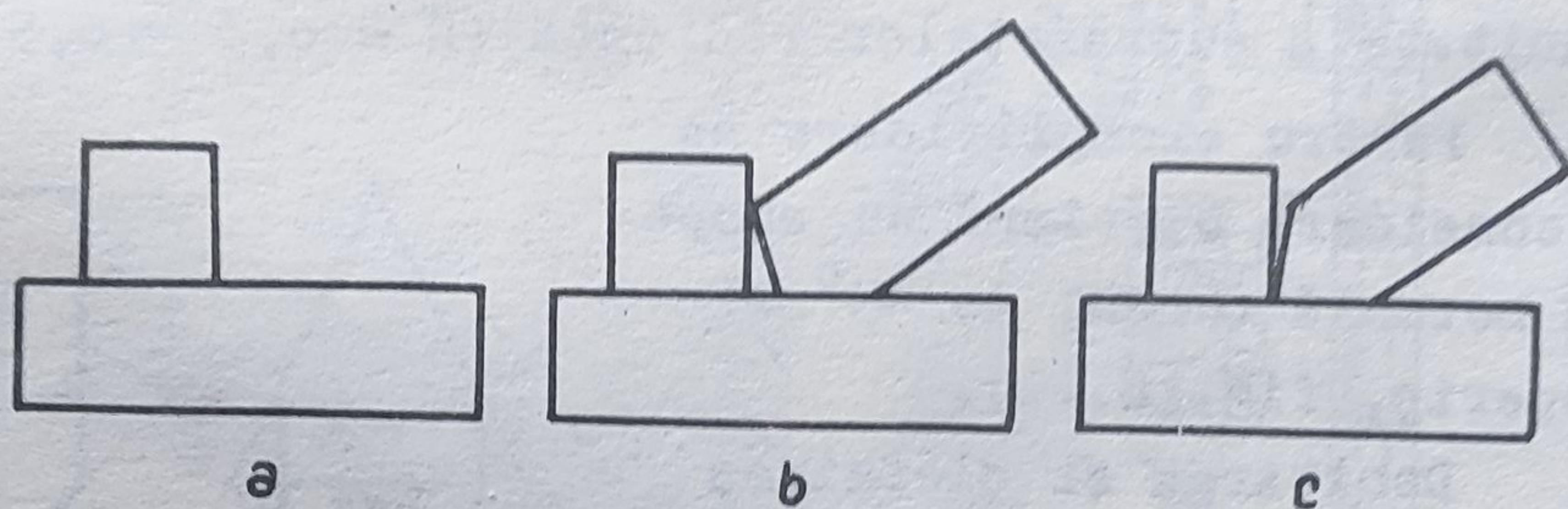


Fig.18.13. Verificarea prismelor cu echerul optic:  
a-echer optic; b-unghi mare; c-unghi mic.

cu fața de referință pe placă și după locul de contact cu cala se vede dacă abaterea la unghi este în plus sau în minus (fig.18.13,b respectiv 18.13,c).

După verificare, se lipesc din nou prismele cu parafină două câte două, dar avînd unghiul de  $90^\circ$  cu abatere în același sens (plus cu plus și minus cu minus). Prismele astfel lipite, se blochează cu ipsos în casete executîndu-se șlefuirea fină și polisarea primei fețe a acoperișului (fig.18.14).

După polisare, prismele sînt deblocate, curățate și verificate din nou la echer. Se constituie din nou grupurile de câte două prismele, în același mod, dar prin blocare la contact pe fața polisată.



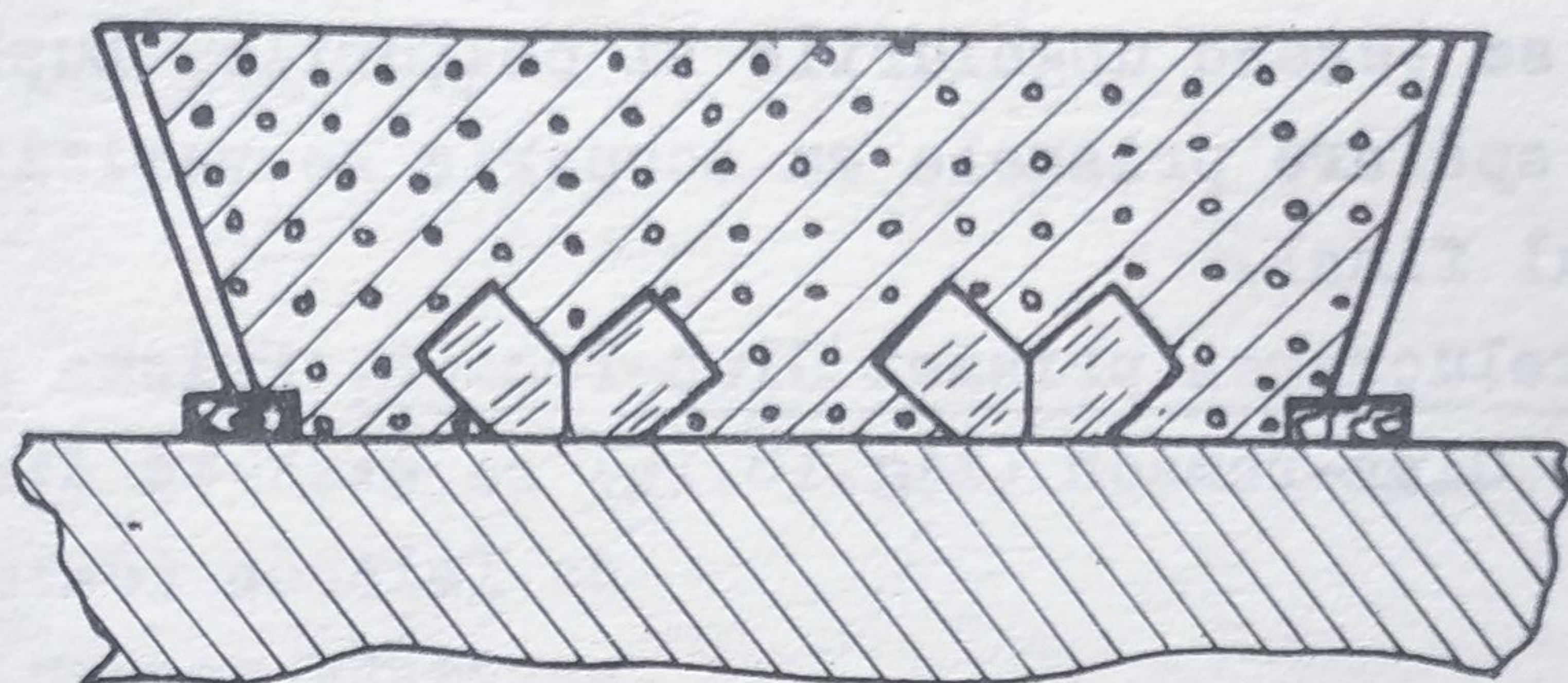


Fig.18.14. Blocarea prismelor cu acoperiș în casete cu ipsos.

Se blochează din nou în ipsos, se șlefuește și se polisează a doua față a acoperișului.

Toate fețele de lucru fiind polisate (unghiul de  $45^{\circ}$  numai aproximativ), se poate verifica pe colimator dedublarea imaginii. Dacă liniile sînt clare, prisma este bine executată. Pentru ca liniile să se vadă însă clar și planitatea suprafeței este necesar să fie corect executată. În cazul în care imaginile sînt dedublate, prisma nu are acoperișul corect și prelucrarea trebuie reluată (verificare, împerechere, blocare, șlefuire, polisare).

La piesele cu acoperișul corect executat, se verifică apoi poziția unghiului de  $45^{\circ}$  față de acoperiș.

Reglarea colimatorului se face după un etalon.

Reglarea poziției unghiului de  $45^{\circ}$  se face șlefuiind o față a acestuia. După reglare și obținerea corectă a poziției unghiului (abatere admisă de circa  $15-20'$ ) se procedează la polisarea definitivă a fețelor unghiului de  $45^{\circ}$ .



Cu aceasta prisma este complet prelucrată, se curăță, se teșesc unghiurile și colțurile. După degresare și spălare prismele su acoperiș se verifică la controlul final.

Prelucrarea prismei Glan-Tomson. Prisma de polarizare Glan-Tomson (fig.18.15) se execută din spat de Islanda (calcită) și servește pentru obținerea unui fascicul de raze polarizate într-un plan. Prismele Nicol, folosite în același scop în trecut, au o utilizare din ce în ce mai restrânsă astăzi, deoarece deviază razele de lumină ce trec prin ele, ca urmare a pozi-

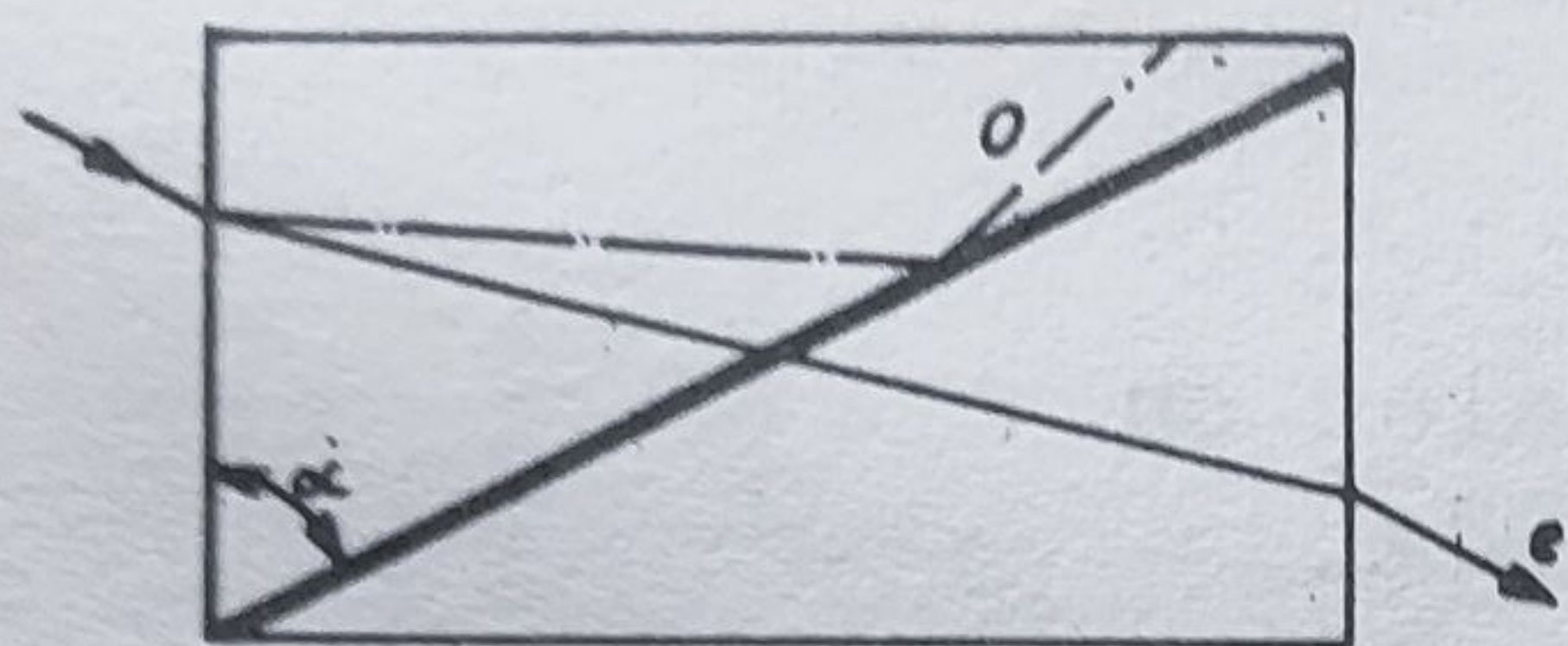


Fig.18.15. Prisma de polarizare Glan-Tomson.

ției laturilor frontale.

Prisma Glan-Tomson se taie dintr-un cristal de calcită în formă de paralelipiped drept. Apoi paralelipipedul se taie în două jumătăți, după diagonala unei fețe. Ambele fețe frontale polisate și planul de tăiere sînt paralele cu axa optică a cristalului, perpendiculară pe direcția drumului parcurs de raze.

Semifabricatul prismei se obține din felii de cristale de spat de Islanda despicate, cu ajutorul unui cuțit lamă după planul său de clivaj.

Tăierea semifabricatului, pe laturi și pe diagonală, se face într-un dispozitiv, cu ajutorul unui disc de oțel moale cu diametrul de 150 ... 200 mm, ce se rotește cu turația de 50 rot/min, și a unei suspensii abrazive de M 14 în apă, care răcește și taie cristalul.



În vederea prelucrării semiprismele se blochează prin lipire în dispozitive, folosind parafină sau ceară încălzită într-un termostat.

Șlefuirea se face dintr-o trecere cu electrocorndon M 10 pe un dispozitiv de șlefuit din sticlă.

Polisarea se face cu oxid de crom aplicat pe un polisor cu suport din mastic, a cărui turație este redusă, 9-15 rot/min, pentru a preîntîmpina încălzirea semifabricatului. În finalul operației de polisare în dispozitiv se pune numai apă.

Semiprismele se lipesc cu un adeziv al cărui indice de refracție  $n$  trebuie să fie mai mare ca  $n_E$  și mai mic ca  $n_O$ . De obicei se folosește balsamul de Canada.

Cînd o rază obișnuită cade pe suprafața tăiată, aceasta suferă o reflexie totală și nu traversează cea de-a doua semiprismă. La ieșire se obține un fascicul de raze polarizat liniar.

Pentru radiația  $\lambda \leq 330 \text{ nm}$ , lipirea se face cu o soluție avînd  $n_D = 1,570$  și transparență pînă la  $\lambda = 200 \text{ nm}$ .

Pentru absorbția razelor parazite, laturile prismei se vopsesc cu nitroemail negru sau se lipește pe ele hîrtie neagră.

Prelucrarea prismelor și lentilelor din sare gemă. Piese din sare gemă lucrează în gama de radiații infraroșu.

Cristalele din sare gemă fiind solubile în apă, semifabricatele se taie cu ajutorul unui cablu inelar, 4, (fig.18.16) uned. Cristalul de debitat 2 se fixează pe masa 1, executată de obicei din sticlă organică,



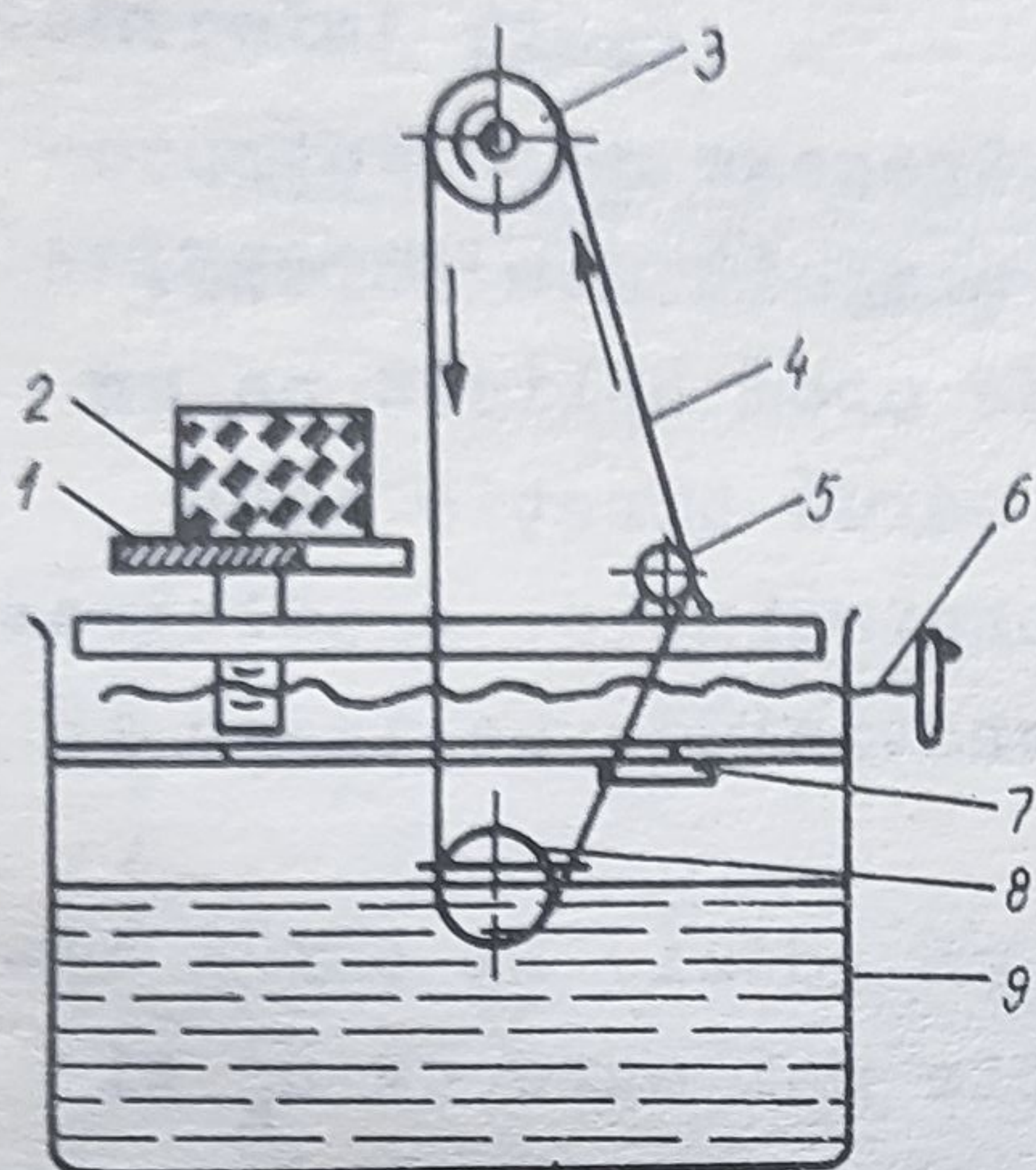


Fig.18.16. Tăierea cristalelor în soluție apoasă: 1-masa mașinii; 2-cristal; 3-roată de curea; 4-cablu; 5-rolă; 6-șurub de mișcare; 7-clapetă; 8-rolă; 9-rezervor.

pentru ca să nu se fisureze prin contactul cu suprafața metalică rece. Mișcarea cablului 4 este transmisă de roata de curea 3, aflată în mișcare de rotație. Cea de-a doua roată de curea 8, este scufundată parțial în bazinul cu apă caldă 9. Cablul 4 este menținut întins cu ajutorul rolei 5.

În timpul operației de tăiere, masa cu cristalul 2 avansează, prin intermediul șurubului de mișcare 6, spre cablul 4 aflat în

mișcare. Pentru a proteja cristalul 2 de pătrunderea stropilor de apă, cablul este acoperit cu clapeta 7.

Suprafața tăieturii se obține suficient de netedă, fără fisuri și zgîrieturi. Când fața semifabricatului coincide cu planul de clivaj, operațiile pregătitoare (de debitare) se execută prin despicarea bucăților după acest plan.

După tăiere, semifabricatul se usucă cu foarte mare atenție și se păstrează în vase uscate și închise.

Șlefuirea se efectuează folosind pulbere de electrocorund M 20. Drept lichid de răcire se folosește o soluție saturată de apă cu sare gemă, glicerină sau alcool.



Există, de asemenea, și metode de prelucrare fără abrazivi a cristalelor higroscopice. Pe dispozitivele plane sau convexe de șlefuit, având dimensiunile corespunzătoare piesei de șlefuit, se folosește ca suport pânza de bumbac sau de batist. Pe dispozitivele de șlefuit concave se lipește pânză sau fetru, care șlefuieste sticla prin rodare. La prelucrarea cu debit de apă caldă, cristalele higroscopice se dizolvă puternic. Soluția se îndepărtează de pe dispozitivul de șlefuit cu apă caldă. Fisurile ce se formează se umplu cu apă, se topesc superficial și nu se despică mai departe. Printr-o astfel de prelucrare cristalele nu au straturi în relief sau fisurate. După o astfel de prelucrare, cristalul are rezistență mecanică, plasticitate și stabilitate apropiate de maximul teoretic. Procesul tehnologic de șlefuire fără abraziv conduce la o creștere de pînă la de două ori a productivității, în comparație cu prelucrarea cu abraziv.

Polisarea se efectuează pe polisoare cu suport din mastic sau cauciuc cu alimentare continuă cu suspensie de polirit sau oxid de crom. Abaterea limită admisibilă a suprafeței este de  $N = 10$  și  $\Delta N = 1...2$ .

Verificarea se efectuează pe interferometre, deoarece după folosirea repetată a calibrelor optice, pe suprafața polisată a cristalului încep să apară zgîrieturi. În timpul lucrului, opticianul trebuie să poarte mănuși subțiri de cauciuc, deoarece la contactul mîinii cu suprafața polisată se formează pete de oxizi. Piese prelucrate se acoperă cu un lac de protecție și se păstrează în exicatori.



## Capitolul 19

### PRELUCRAREA SUPRAFEȚELOR ASFERICE

#### 19.1. Generalități

Folosirea pieselor optice cu suprafață asferică permite reducerea numărului de lentile și îmbunătățirea parametrilor sistemelor optice.

Clasificarea suprafețelor asferice se poate face după trei criterii, și anume:

- după tipul suprafeței: suprafețe descrise de ecuații matematice (parabolice, eliptice, hiperbolice); suprafețe obținute prin deformarea unei sfere;
- după precizia de execuție: de precizie ridicată (precizie de prelucrare  $\pm 1 \mu\text{m}$ ); de precizie medie (precizia de prelucrare  $\pm 5 \dots 6 \mu\text{m}$ ); de precizie mică (precizia de prelucrare  $\pm 50 \mu\text{m}$ );
- după dimensiunile de gabarit: de dimensiuni mari; de dimensiuni normale.

Prelucrarea suprafețelor asferice se poate face manual sau mecanic. Prelucrarea mecanică permite obținerea unor suprafețe de precizie foarte ridicată, însă este destul de neeconomicoasă. Se poate face prin trei metode: prin generare; prin copiere după șablon, prin șlefuire după dispozitiv.

În cazul producției de serie, generarea suprafețelor asferice se realizează prin:

- îndepărtarea mecanică a adaosului de prelucrare prin șlefuire și polisare;



- aplicarea pe suprafața sferică sau plană inițială a unui strat de grosime inegală, depus prin acoperire în vid.

#### 19.2. Generarea suprafețelor asferice prin metoda îndepărtării mecanice a adaosului de prelucrare

După felul în care se face contactul dispozitivului de prelucrare cu suprafața prelucrată, se cunosc trei procedee de prelucrare: cu contact punctiform, după o dreaptă sau după o suprafață.

Contactul punctiform al suprafeței prelucrate cu dispozitivul se caracterizează prin pata de contact, a cărei arie este neînsemnată (minimă). Procedul se folosește pentru majoritatea operațiilor pregătitoare de degroșare.

Contactul după o linie este caracterizat de un contact după o zonă îngustă a dispozitivului cu suprafața prelucrată. Ca exemplu de prelucrare prin acest procedeu este rectificarea cu pietre abrazive cu suprafață cilindrică sau profilată.

Contactul după o suprafață este unul din cele mai precise procedee de prelucrare. Se caracterizează prin aceea că contactul sculei cu suprafața prelucrată se face pe toată suprafața piesei.

Precizia prelucrării suprafețelor asferice, pentru o piesă dată, se apreciază prin dimensiunile petei de contact și distribuirea punctelor de contact pe suprafața prelucrată. În cazul contactului după o linie, dimensiunile petei de contact variază între 0,5-0,55 mm; pentru contactul după o suprafață între 0,05 și



0,005 mm. Prin retuşări locale se obţin dimensiuni ale petei de 0,005-0,001 mm.

Prelucrarea cu dispozitiv de şlefuit tip lamă se foloseşte în execuţia suprafeţelor asferice convexe şi concave de ordinul al doilea. Schema prelucrării suprafeţelor parabolice cu dispozitive de şlefuit tip lamă este dată în fig.19.1. Prelucrarea

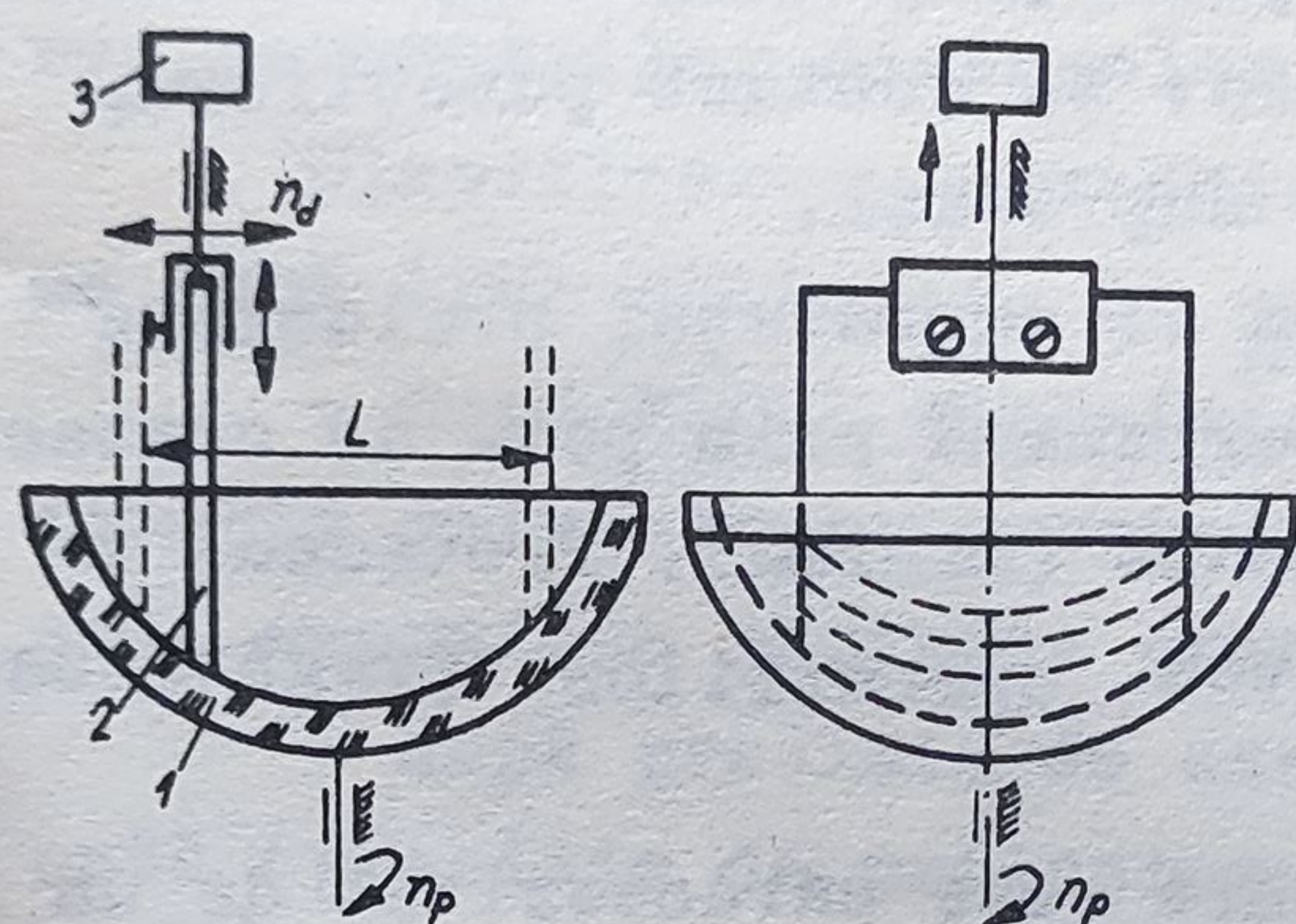


Fig.19.1. Prelucrarea suprafeţelor parabolice cu dispozitive de şlefuit tip lamă.

se bazează pe proprietatea paraboloidului de rotaţie de a forma în secţiunea plană, paralel cu axa de rotaţie, o parabolă de aceiaşi parametri. Semifabricatul 1 se roteşte în jurul axei sale cu o turaţie  $n_p = 15 \dots 30$  rot/min.

Dispozitivul 2, constînd dintr-o placă de oţel, alamă

sau sticlă specială, execută o mişcare de du-te-vino de amplitudine L, paralelă cu axa de rotaţie a semifabricatului. Contactul dintre semifabricat şi dispozitiv se face după o linie, iar forţa de apăsare se realizează cu ajutorul greutăţii 3. Şlefuirea se efectuează cu granule abrazive libere, de la nr. 6 la M 14.

Generarea unei parabole de parametri daţi este

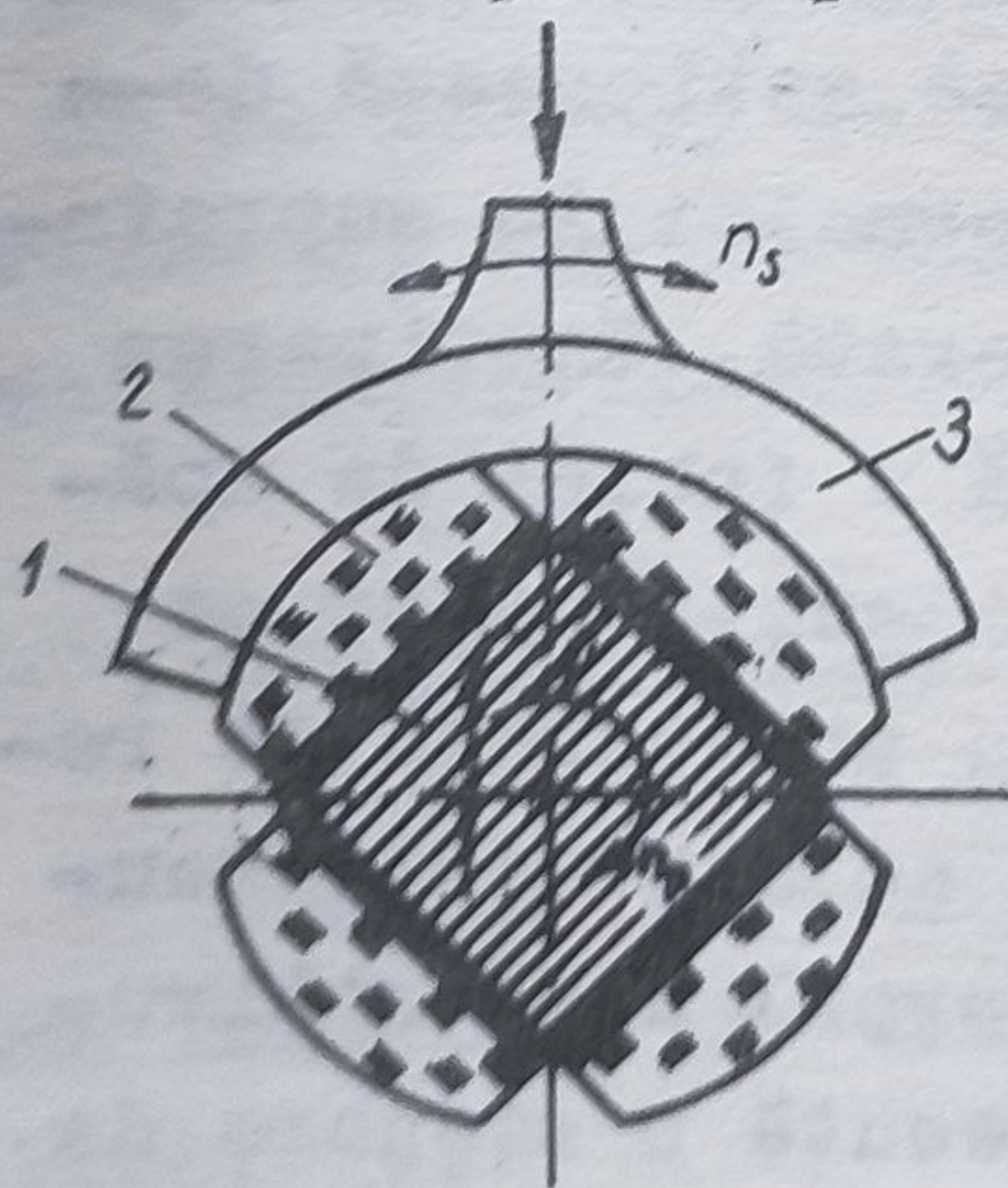


asigurată prin profilul dispozitivului tip lamă și reglarea mașinii-unelte privind amplitudinea și numărul de curse duble ale sculei.

Polisarea se poate face pe același utilaj, dar dispozitivul tip lamă se acoperă cu o bucată de postav sau cu mastic. Dispozitivul devenind mai lat, se generează suprafețe cu însemnate erori de la parabolă. O astfel de prelucrare este utilă numai pentru piese de tipul condensoarelor de iluminare și a altor piese optice a căror precizie finală de execuție este redusă.

Prelucrarea prin rodare liberă se aplică în cazul șlefuirii și polisării suprafețelor cilindrice. La prelucrare, contactul între sculă și semifabricat are loc în mai multe zone conjugate ale suprafeței. Prelucrarea se realizează aproape totdeauna pe mașini de rotunjit cu pietre diamantate.

Șlefuirea și polisarea se realizează prin rodare liberă cu ajutorul unei suspensii de pulbere abrazivă în apă, pe mașini-unelte de șlefuit și polisat. Schema de principiu este prezentată în fig. 19.2. Se-



mfabricatul 2, lipit cu mastic pe dispozitivul 1, se rotește cu turația  $n_p$ , iar dispozitivul de șlefuit 3, execută o mișcare de oscilație  $n_s$  și o mișcare rectilinie alternativă  $n_{re}$ .

Fig. 19.2. Prelucrarea suprafețelor cilindrice prin metoda rodării libere.



Polisarea se realizează cu polisor cu mastic, iar verificarea suprafețelor plane sau cilindrice se face cu calibre optice după numărul benzilor de interferență.

Prelucrarea prin rodare semiliberă se aplică în cazul șlefuirii și polisării suprafețelor asferice convexe și concave de orice ordin. Procedul este denumit rodare semiliberă, deoarece din punct de vedere cinematic nu pot fi corelate pe deplin deplasările a două suprafețe asferice una față de alta, dar în realitate există rodare separată între mici suprafețe de lucru ale sculei și suprafața asferică unitară a piesei de sticlă.

Dispozitivul de rodare semiliberă (fig. 19.3)

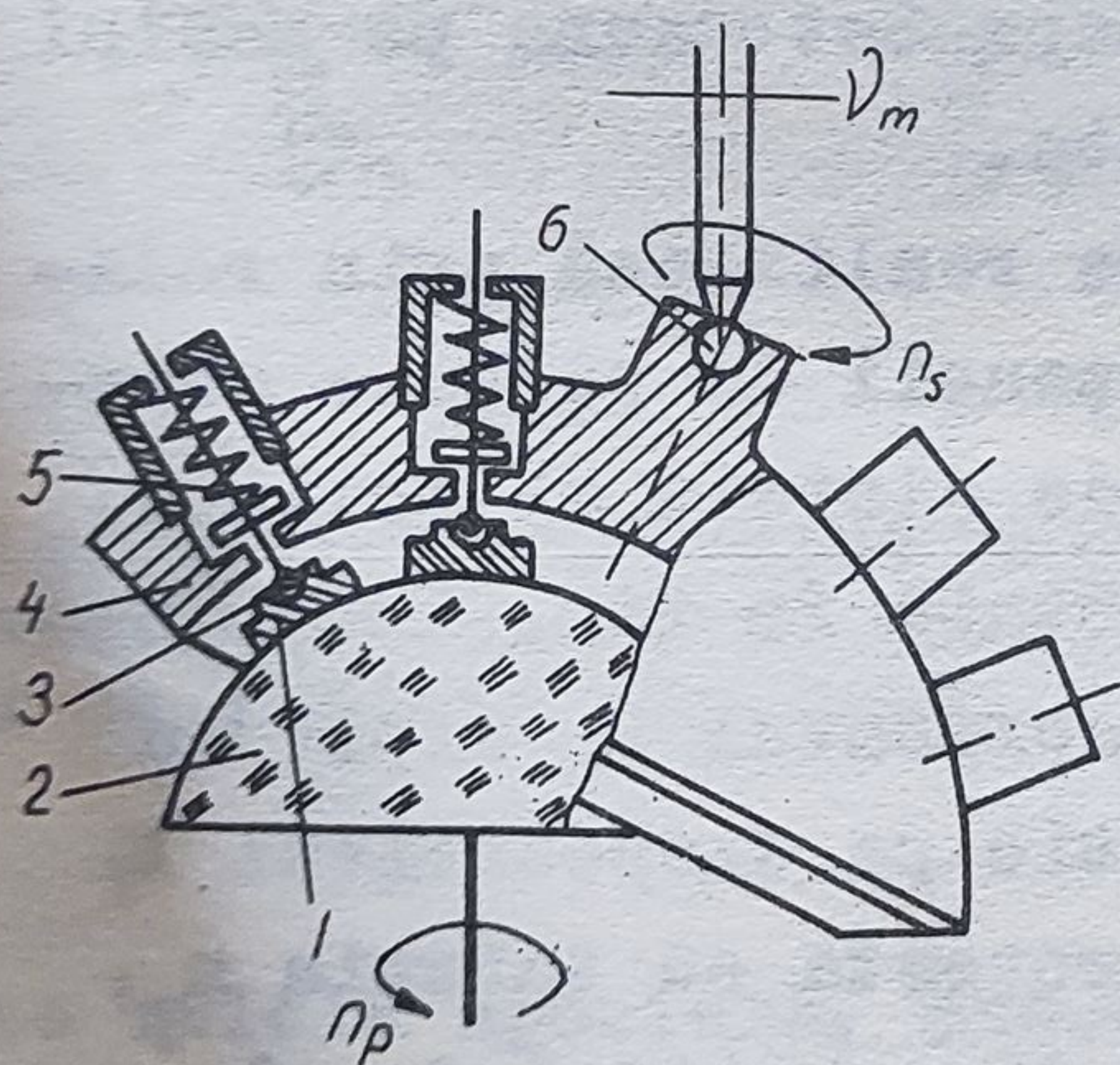


Fig. 19.3. Prelucrarea suprafețelor asferice cu scule sub formă de sabot cu arc.

are suprafața de lucru formată dintr-o serie de saboti 1, care au posibilitatea să se autoaseze pe suprafața semifabricatului 2, datorită existenței articulației sferice 3 și a unei forțe de apăsare ce acționează de-a lungul normalei la suprafața prelucrată. Menținerea constantă a forței de apăsare a fiecărui sabot pe suprafața prelucrată se realizează cu ajutorul arcului 5. Corpul dispozitivului 4 execută o mișcare de



rotație cu turația  $n_g$ , în raport cu articulația sferică 6 și o deplasare rectilinie de du-te-vino cu frecvența  $\gamma_m$ . Prin aceasta fiecare sabot se rodează separat, treptat, cu suprafața prelucrată.

Prelucrarea se face pe mașini-unelte de șlefuit-polisat înzestrate cu mecanisme de rotire a părții superioare. Obținerea unor suprafețe asferice de anumiți parametri dați se face schimbînd geometria sculei-sabot și reglarea mașinii în funcție de amplitudinea antrenorului și frecvența  $\gamma_m$ .

Acest procedeu de prelucrare este recomandat pentru piesele de precizie ridicată folosite în cadrul aparatelor optico-mecanice.

Prelucrarea prin retușare locală se aplică în cazul finisării pieselor asferice, șlefuite și polisate, de orice ordin. Prelucrarea se face pe mașini de șlefuit-polisat sau manual, cu scule al căror diametru este de cîteva ori mai mic decît diametrul semifabricatului. Schema de prelucrare este analogă cu cea de la prelucrarea suprafețelor plane sau sferice.

Folosindu-se rezultatele măsurărilor de probă pe suprafața semifabricatului, se pot determina zonele ce au abateri de la profilul cerut și se stabilesc mărimea și amplitudinea necesare ale sculei pentru executarea prelucrării zonale a locurilor de retușat.

### 19.3. Prelucrarea suprafețelor torice

Piesele cu suprafețe torice sau sferotorice sînt lentilele de ochelari și fiolele pentru nivele cilindrice.



Suprafața torică (fig.19.4, a) rezultă din rotirea unui arc de cerc de rază  $R_2$ , în jurul axei  $xx$ ,

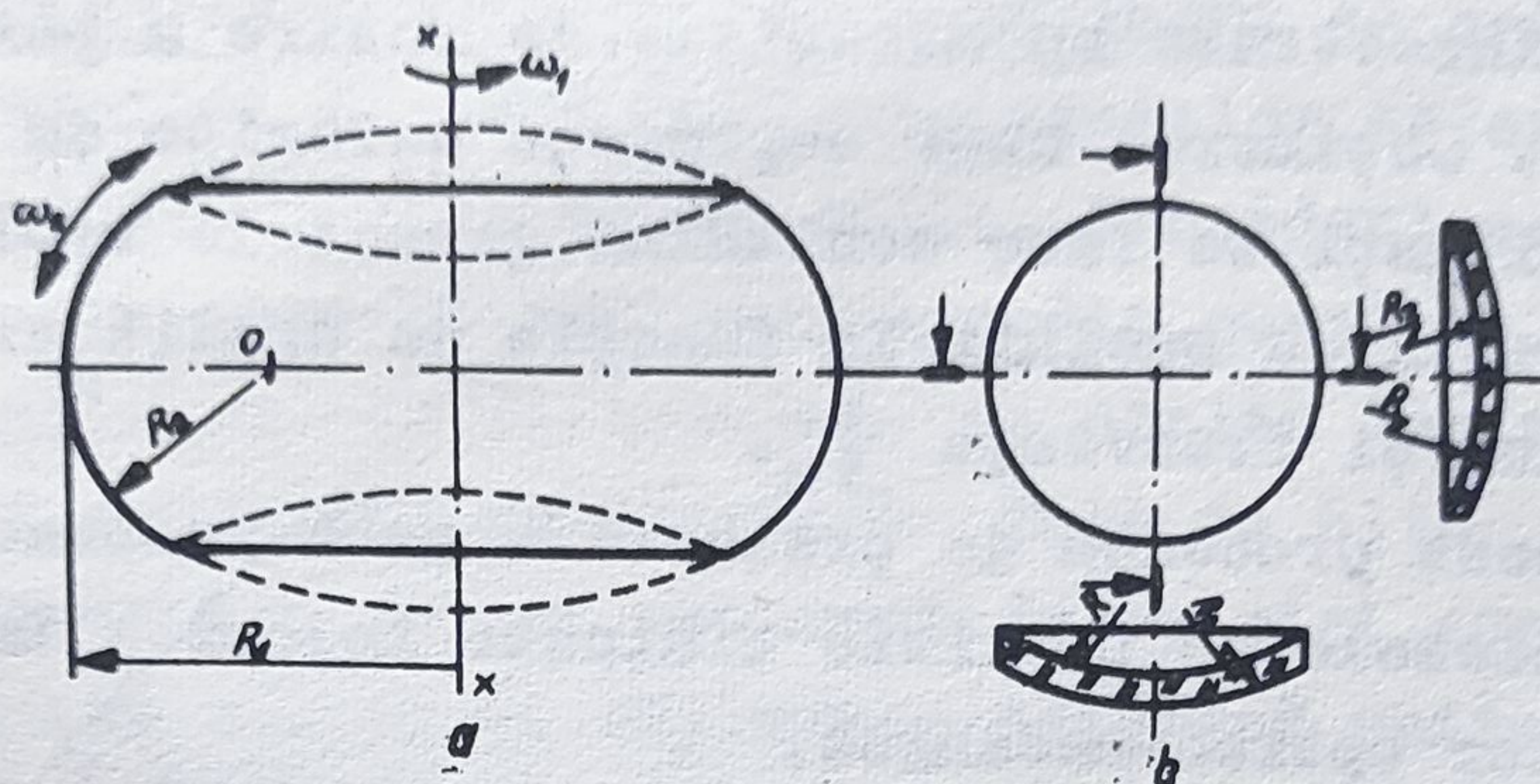


Fig. 19.4. Suprafețe torice.

perpendiculară pe axa arcului (axa cercului nu trece prin centrul de curbura  $O$  al arcului).

În fig. 19.4.b este reprezentată suprafața asferică a lentilelor torice, caracterizată prin cele două raze de curbura  $R_1$  și  $R_2$  situate în două plane perpendiculare.

În funcție de mărimea seriei de fabricație și de precizia impusă, lentilele torice se pot prelucra bucată cu bucată sau în blocuri. În timpul prelucrării, axa torului trebuie menținută în aceeași poziție.

Operațiile de eboșare se execută pe mașini-unelte cu soule ou diamant. Șlefuirea medie și fină și polisarea individuală a lentilelor se execută cu două axe, axa lentilei menținându-se în aceeași poziție.



Pieseile sînt blocate în suporturi speciale. Blocarea se poate face manual sau mecanic.

În fig. 19.5 este prezentat principiul de lucru al mașinilor pentru șlefuit și polisat lentile torice. Prelucrarea se face cu saboți pe mașini de construcție specială prevăzute cu două, trei sau șase axe.

Blocul cu piese execută o mișcare de rotație, iar saboții oscilează față de lentile. Apăsarea de lucru se poate modifica prin intermediul unui arc reglabil. Saboții pentru șlefuirea medie și fină au forma realizată prin prelucrare pe mașini speciale. Saboții pentru po-

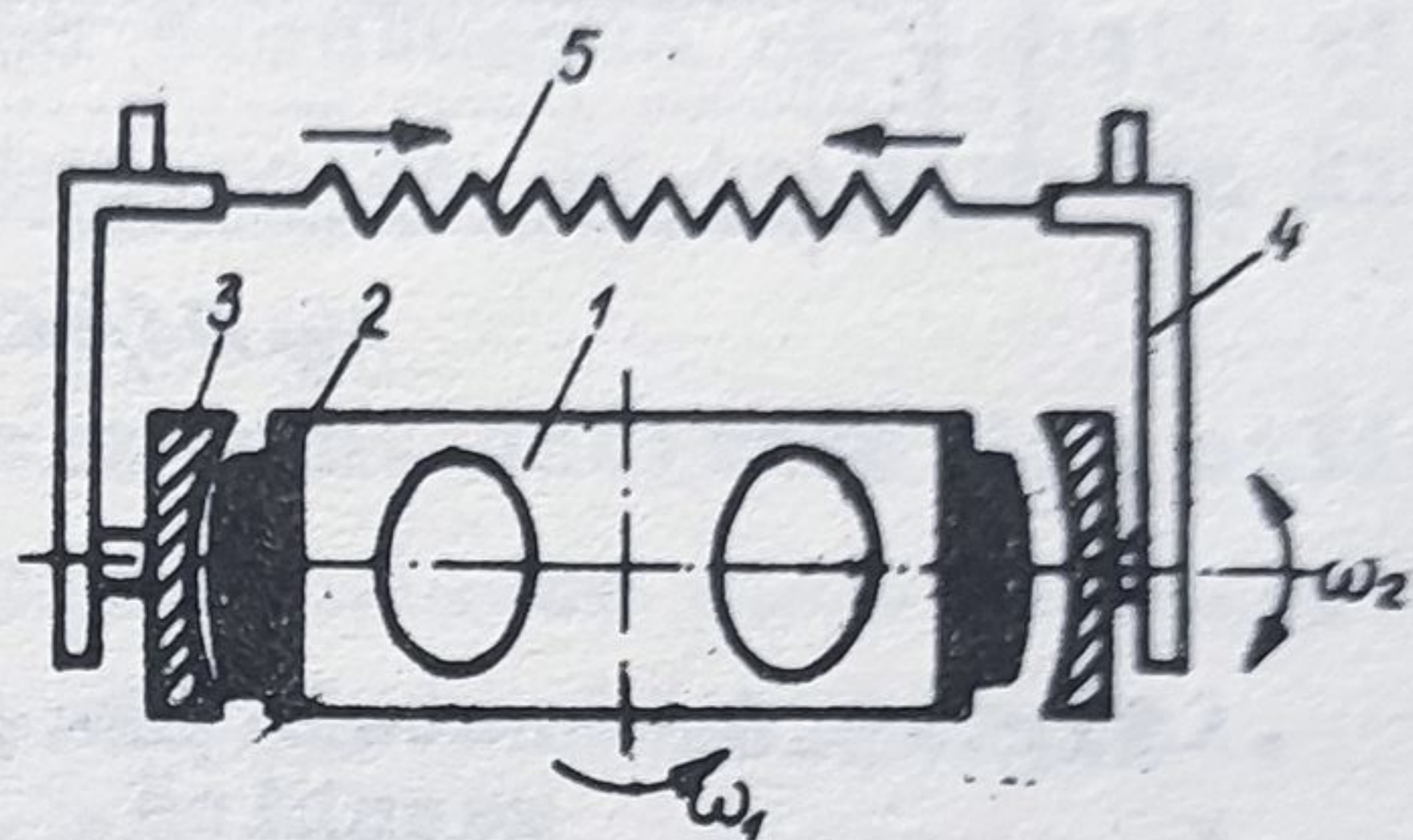


Fig.19.5. Principiul de lucru al mașinilor pentru șlefuit și polisat blocuri cu lentile torice:

1- inel; 2- lentile; 3- saboți; 4- brațe oscilante; 5- arc.

lisare sînt prevăzuți cu suporturi din pîslă sau mastic.

Blocarea mecanică se execută de către o instalație specială reprezentată schematic în figura 19.6. Semifabricatele se află în buncărul 1 aflat deasupra benzii transportoare 2. Banda are o mișcare intermitentă. În primul tact lentila este preluată din buncăr și deplasată în dreptul rezervorului cu mastic 3 de blocare în stare topită (mastic pe bază de colofoniu).



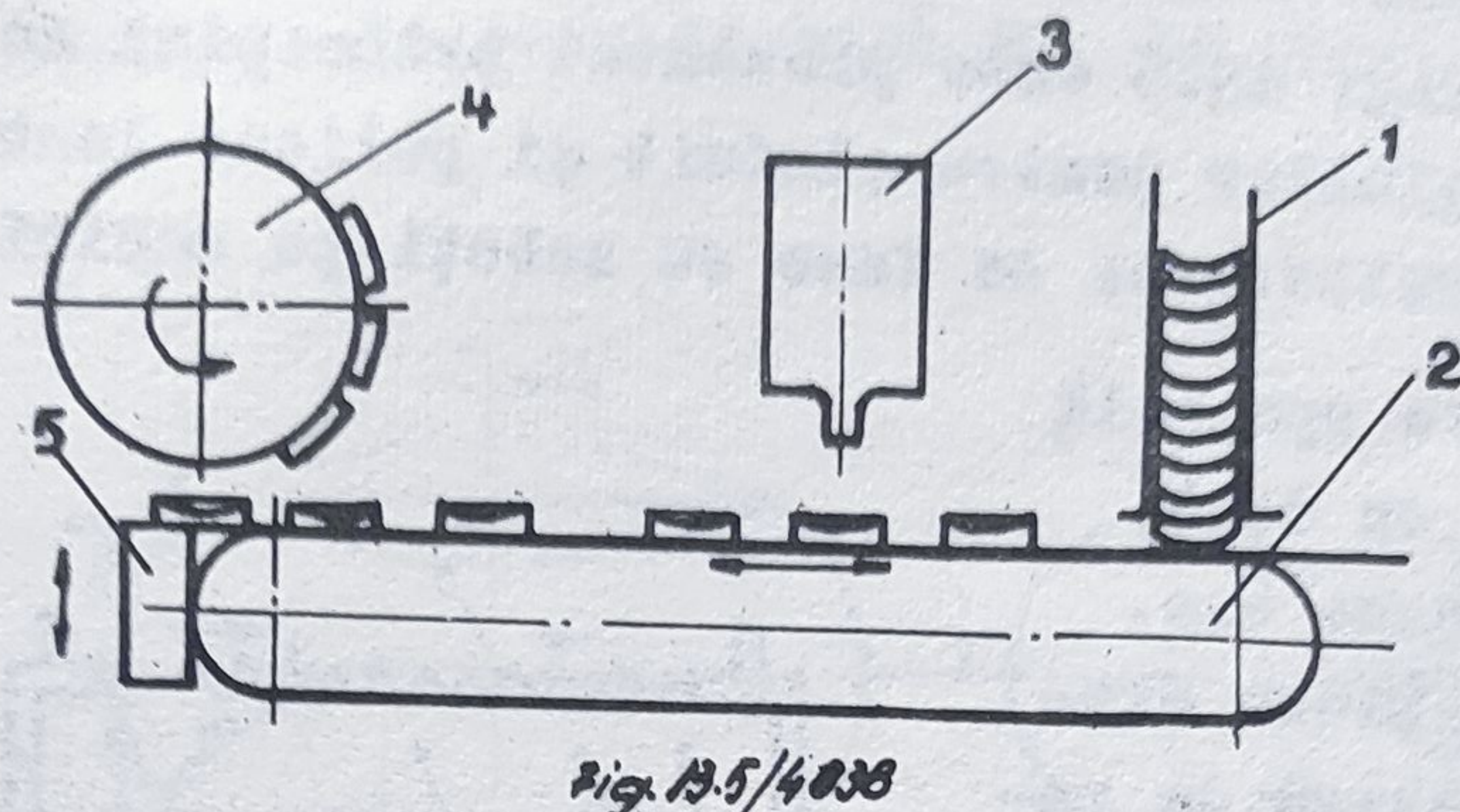


Fig.19.6. Instalație pentru blocarea mecanică.

În poziția de repaus a benzii, din rezervor se scurge o cantitate determinată de mastic pe lentilă. La al doilea tact, lentila este deplasată în dreptul inelului de blocare 4, de unde, în timpul repausului benzii este presată de inel, printr-un sistem pneumatic 5. În timpul deplasării, inelul execută o rotație de  $\frac{360^\circ}{n}$ ,  $n$  fiind numărul de piese ce urmează a se bloca. Mașina se poate regla pentru a se opri după  $n$  tacte, când blocul este complet.

#### 19.4. Prelucrarea suprafețelor cilindrice

Piesele cu suprafețe cilindrice, se utilizează ca lupe de citire, la construirea sistemelor anamorfotice, pentru proiecția pe ecran lat (măresc o dimensiune într-un raport dat) sau în sisteme op-



tice cînd se urmărește transformarea imaginii unui punct într-o linie.

Pentru realizarea suprafețelor cilindrice există mai multe posibilități.

Într-o primă variantă, prelucrarea se poate face pe mașinile de rotunjit coloane, după rotunjirea cilindrului de sticlă urmînd operația de șlefuire medie și fină, ce se efectuează cu saboți cilindrici, ce execută o mișcare de du-te-vino în direcție axială.

După polisare piesele sînt debitate din cilindru, suprafața a doua prelucrîndu-se apoi normal.

În acest mod se pierde însă mult material. Pentru aceasta se obișnuiește ca prelucrarea să se facă din semifabricate, aduse anterior la dimensiuni, care se blochează cu mastic pe un suport metalic (fig.19.7.).

Coloana astfel formată este prelucrată apoi pe mașini de rectificat sau rotunjit coloane, după cum s-a arătat.

La prelucrarea suprafețelor concave, piesele sînt blocate pe sabot, dispozitivul executînd mișcarea de rotație.

În cazul pieselor cilindrice de dimensiuni mici și precizie redusă,

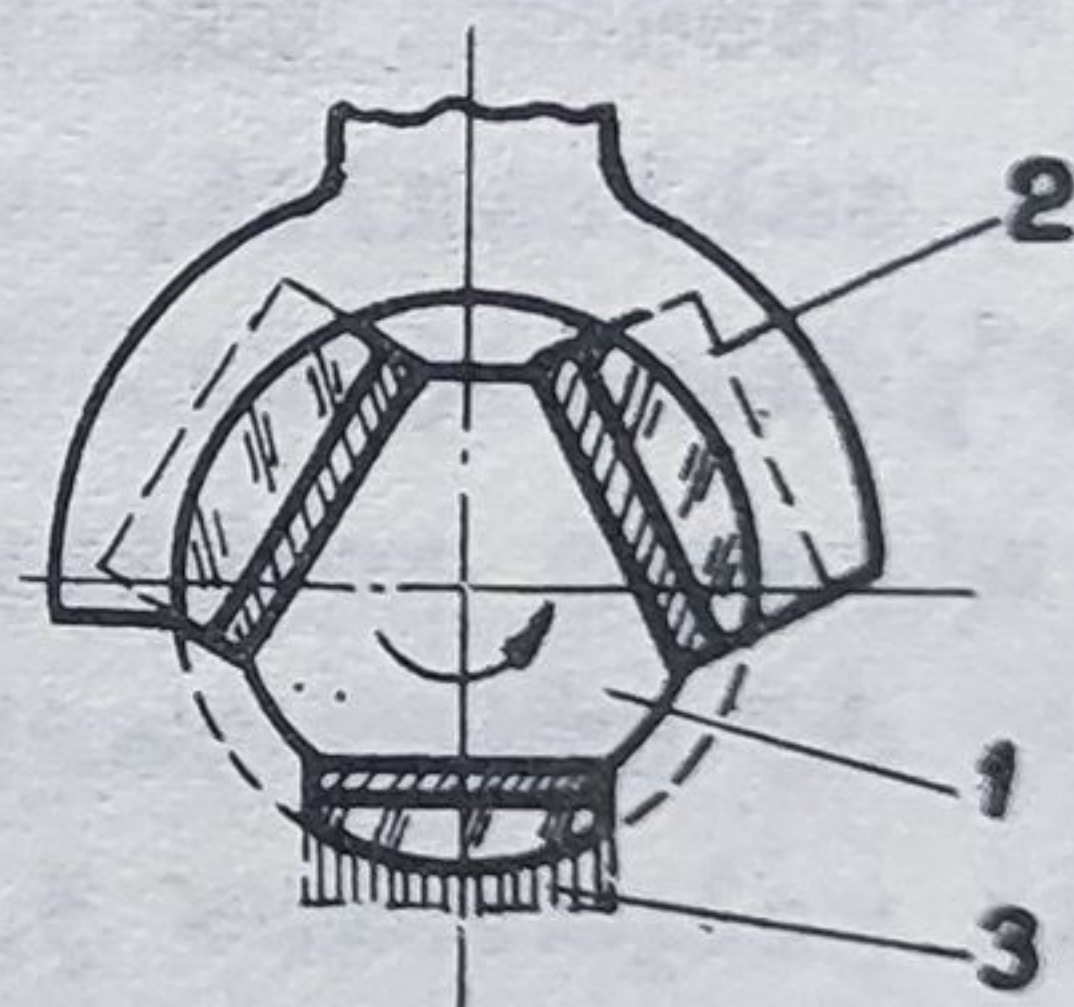


Fig.19.7 Prelucrarea suprafețelor cilindrice :

1- dispozitiv; 2- mastic; 3- cauciuc buretos; 4- pîslă.



prelucrarea acestora se poate executa și pe mașini pentru prelucrarea manuală, suportul pe care sînt blocate lentilele fiind prevăzut la ambele capete cu conuri pentru antrenare în poziție verticală.

Polisarea se poate face fie pe suporturi de pîslă, fie de mastic.

Centrarea lentilelor cilindrice se face cît utînd menținerea constantă a grosimii la margine.

De altfel, blocarea corectă pe dispozitiv și rotunjirea exactă, asigură respectarea acestei condiții.

#### 19.5. Prelucrarea suprafețelor asferice cu profil oarecare

Suprafețele asferice cu profil oarecare se obțin prin metoda copierii după șablon.

Procedeu cel mai întîlnit este copierea directă a șablonului, al cărui profil a fost executat foarte precis (fig. 19.8.). Piesa de prelucrat 1 are o mișcare combinată (de rotație în jurul axei sale și de avans vertical) iar scula 2, împreună cu rela palpatoare 3, solidare pe același ax, parcurge profilul șablonului 5. Suportul 4 execută o mișcare oscilantă în jurul axei 0-0, astfel însoț contactul suprafețelor este punctiform. Prin acest procedeu se pot obține în final suprafețe asferice cu profil oarecare, convexe și concave.

Pentru ca erorile de execuție ale profilului să fie diminuate, mașinile de frezat prin copiere



realizează profilul șablonului prin demultiplicare.

Șlefuirea fină și polisarea se execută pe mașini cu braț oscilant și cu dispozitive de lucru elastice.

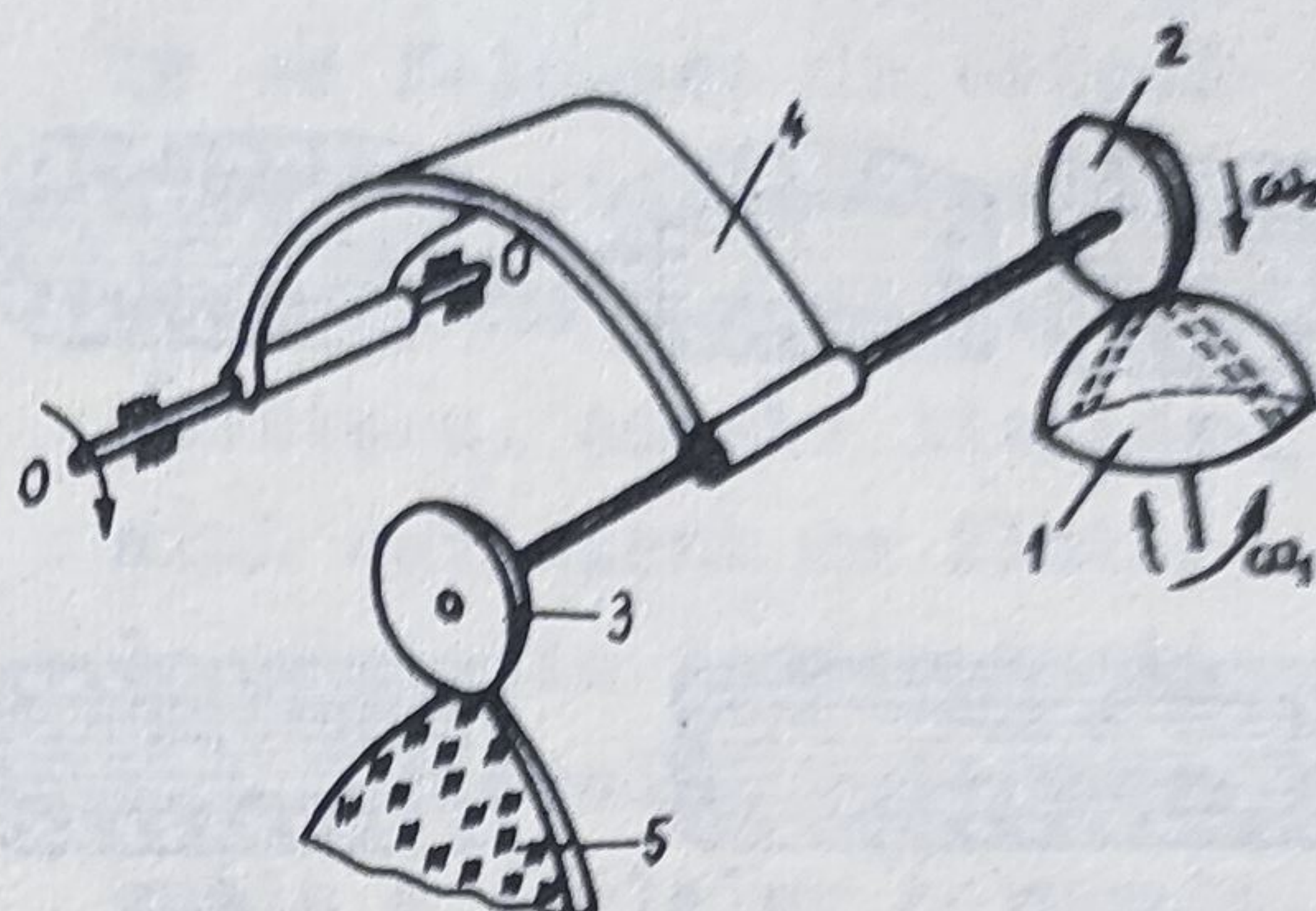


Fig.19.8. Schema de prelucrare a unei suprafețe asferice cu profil oarecare prin copierea directă a șablonului.

#### 19.6. Prelucrarea fiolelor pentru nivele

Fiolele pentru nivele pot fi de mai multe tipuri (fig.19.9).

După formă, fiolele pot fi: rotunde și cilindrice.

După precizia de citire, fiolele pot fi: de precizie scăzută (valoarea diviziunii peste 1'), de precizie medie (între 5" și 1') și de precizie ridicată (1" ... 5").

Fiolele pot fi dintr-o bucată sau din mai multe bucăți lipite.

Din punct de vedere constructiv, fiolele cilindrice pot fi: simple, compensate sau cu cameră.



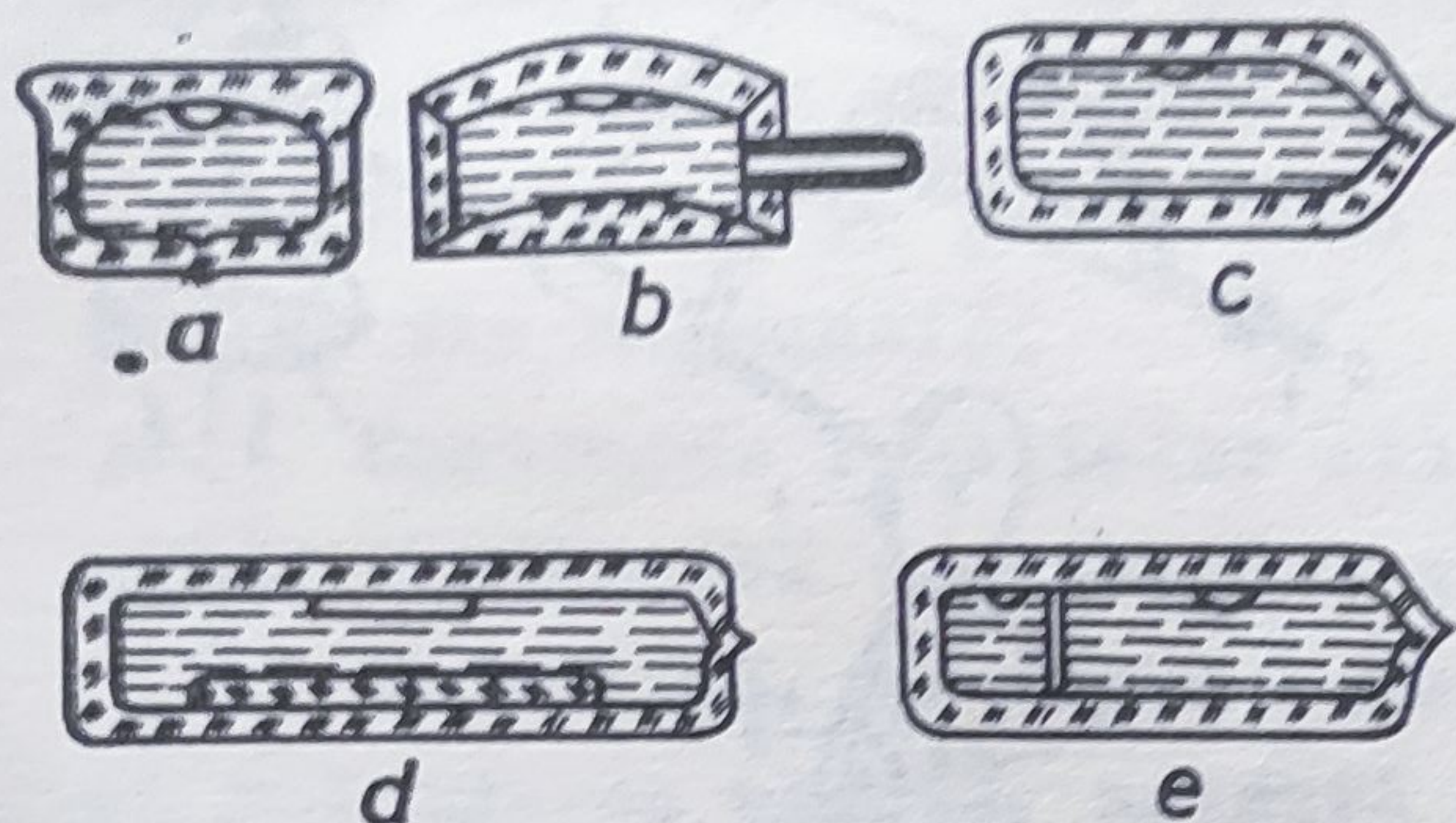


Fig. 19.9. Tipuri de fiole pentru nivele:

a- fiolă rotundă executată dintr-o bucată prin presare;  
b- fiolă rotundă executată din mai multe bucăți lipite;  
c- fiolă cilindrică simplă;  
d- fiolă cilindrică compensată;  
e- fiolă cilindrică cu cameră.

Fiolele pentru nivele se execută din sticlă de termometre sau din țevi de sticlă de calitate corespunzătoare.

Suprafețele de lucru ale fiolelor sînt suprafețe interioare pe care se deplasează bula de aer. Sînt suprafețe sferice la fiolele rotunde și torice la fiolele cilindrice. Deplasarea bulei de aer existentă în lichidul de umplere, față de reperele trase-

te pe exterior, indică înclinarea planului de referință.

Deplasarea  $L$  este în funcție de înclinarea planului de referință  $\theta$  și de raza  $R$  (fig. 19.10):

$$L = R\theta,$$

relație din care se determină valoarea razei de curbura a suprafeței de lucru.

Dacă se cunoaște sensibilitatea  $M$ , în minute, sau  $S$  în secunde, valoarea lui  $R$  este dată de relațiile:

$$R = \frac{360 \cdot 60 L}{2\pi M} ; \quad R = \frac{360 \cdot 3600 L}{2\pi S} .$$



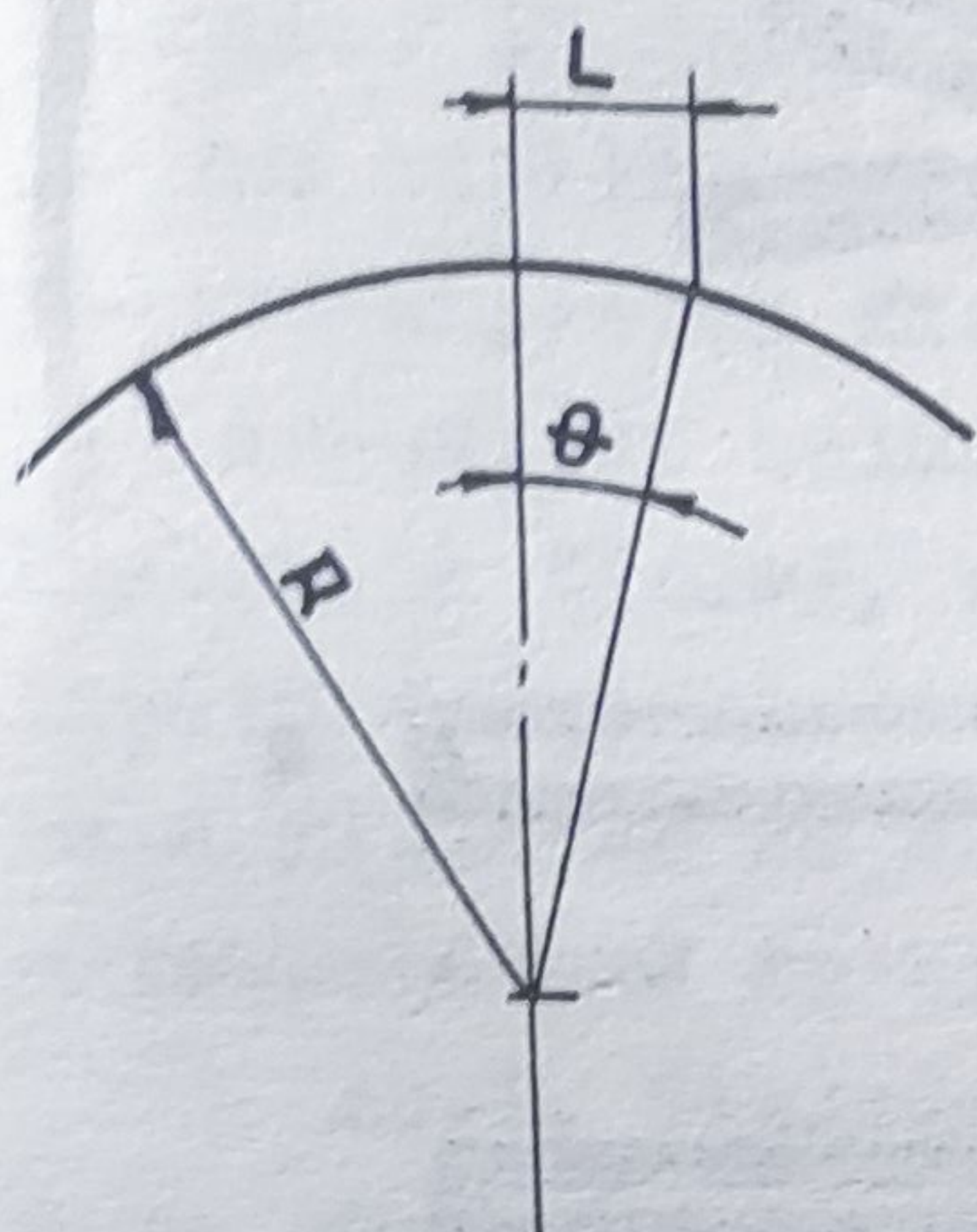


Fig.19.10 Determinarea razei de curbura a fiolelor, în funcție de sensibilitate.

Ca lichide de umplere se folosesc de obicei alcoolul etilic absolut, eterul sau o combinație a acestora. Aceste lichide sînt suficient de fluide la variația temperaturii;

Tehnologia de execuție a fiolelor se poate tipiza în funcție de forma, dimensiunile și precizia de citire a fiolelor.

Prelușrarea fiolelor rotunde. Fiolele de precizie redusă se obțin

prin presare cu poansoane metalice.

Procesul tehnologic constă din următoarele operații: curățirea interioară și sortarea tuburilor de sticlă după diametrul interior, pregătirea poansoanelor sferice, debitarea țevelor la o lungime de 150-200 mm, corespunzătoare lungimii poansonului și executarea propriu-zisă a fiolei (fig.19.11).

Cu ajutorul unui arzător oxiacetilenic sau oximetanic, se încălzește țeava pînă la înmuiere, după care se subțiază, se desprinde, folosind o pensetă, și se închide la un capăt. În vederea unei încălziri uniforme, țeava se rotește în jurul axei sale. După formarea fundului, țeava încălzită se presează manual pe un dispozitiv de presare, prevăzut cu un poanson metalic sferic. Presarea se face cu o placă ce are în relief profilul care delimitează



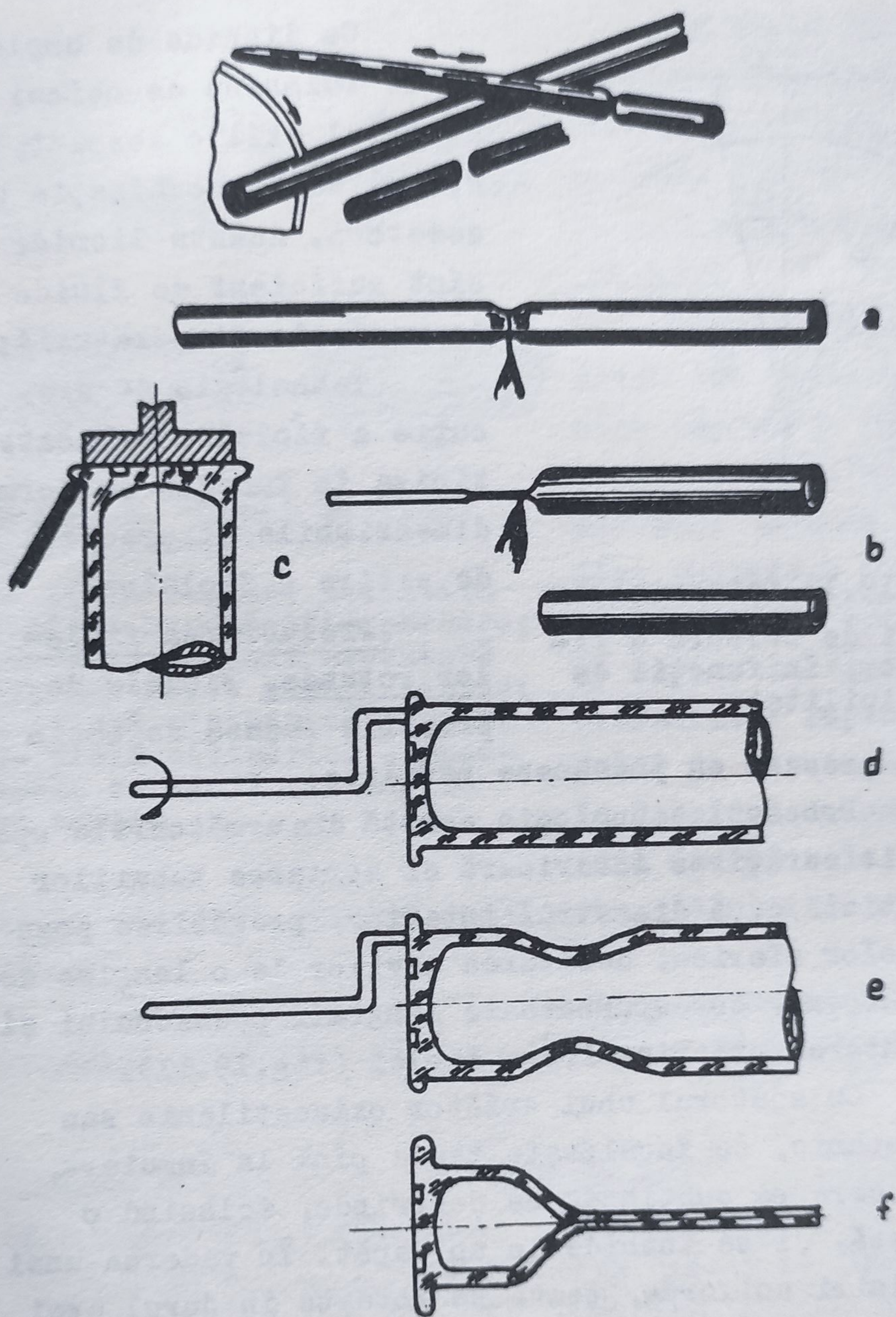


Fig.19.11 Executarea fiolelor rotunde.



deplasarea bulei, eliminându-se astfel operația de gravare. Al doilea capăt se formează la fel, lăsând un tub capilar scurt, cu o deschidere de 0,3-0,4 mm pentru umplerea fiolei. Pentru manipulare, în timpul execuției celui de-al doilea cap și realizarea înălțimii fiolei, se folosește o baghetă de sticlă, lipită marginal de aceasta. Operația de detensionare a fiolelor se execută într-un cuptor electric la o temperatură de circa 500°C, timp de 12-15 h.

Apoi, fiolele se introduc într-un vas pentru a se umple cu lichid; aerul se elimină cu o seringă, forțând astfel lichidul să umple fiola. În interior rămâne o bulă de aer, care se poate uniformiza ca mărime prin încălzire sau umplere până la dimensiunea optimă. Închiderea tubului capilar se face la cald, fără a mări bula de aer sau a se pierde lichid.

Urmează operația de șlefuire și polisare a feței plane a fiolei, după care gravura se umple cu vopsea colorată sau luminiscentă, în funcție de destinația ei.

Procesul tehnologic de execuție a fiolelor rotunde de precizie este mult mai complicat, fiind necesară executarea separată a părților componente (capacele, inelul și tuburile capilare de umplere), asamblarea acestora prin lipire, umplerea și închiderea fiolei.

Prelucrarea fiolelor cilindrice. Suprafața de lucru interioară a fiolelor cilindrice este o suprafață torică, ce se obține prin șlefuirea suprafețelor interioare ale tuburilor. Procesul tehnologic constă din aceleași operații ca și la prelucrarea



fiolelor rotunde. Se execută apoi o prelucrare la  $90^\circ$  a unui capăt, urmată de teșirea muchiilor exterioare și interioare. Prelucrarea la  $90^\circ$  dă posibilitatea gravării corecte a reperelor prin procedeul de așchiere, atac chimic sau prin rulare.

Trasarea reperelor este necesară pentru a se putea verifica fiola în timpul șlefuirii. Șlefuirea se execută pe un dispozitiv special, cu ajutorul unui abraziv fin (fig.19.12). Dispozitivul este

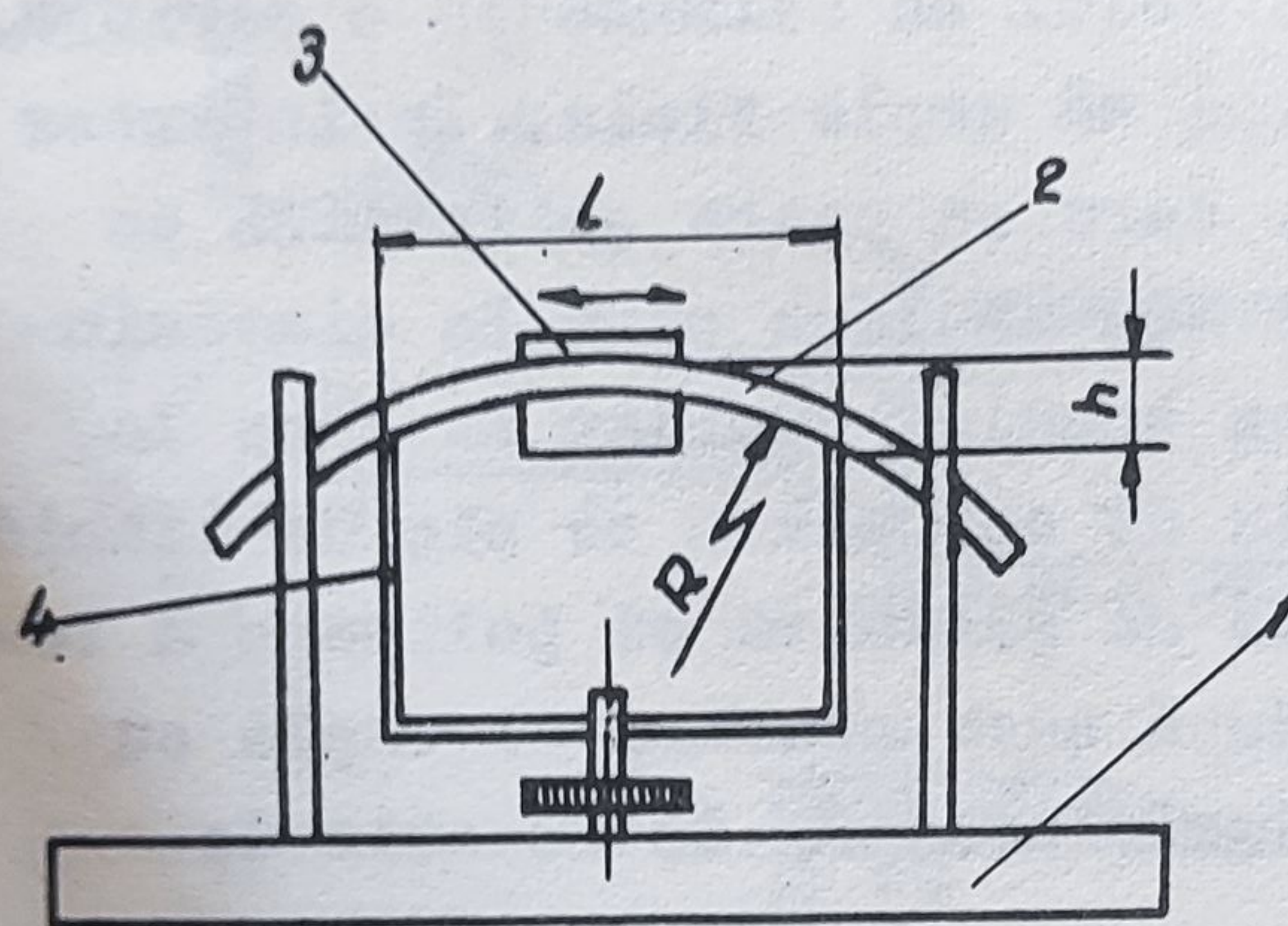


Fig. 13.15/4038

Fig.19.12. Dispozitiv pentru șlefuirea fiolelor cilindrice:  
1- suport; 2- bară de șlefuire;  
3- fiolă; 4- furcă de apăsare.

format din bara 2 (din oțel sau alama), de secțiune circulară, fixată la un capăt pe suportul 1, celălalt capăt intrînd liber într-o gaură din braț. Bara 2 este încovoiată la raza necesară cu ajutorul furcii 4, acționată cu șurub.

Săgeata barei îndoită se determină cu relația

$$h=R-\sqrt{R^2-\frac{l^2}{4}}$$

### 19.7. Controlul suprafețelor asferice

Controlul suprafețelor asferice, în ceea ce privește condițiile generale, se execută fără deo-



sebirii față de celelalte tipuri de piese. Trebuie însă verificată și corectitudinea executării profilului suprafeței. Pentru aceasta, se pot utiliza atât metode mecanice de măsurare (cu contact între verificator și piesă) cât și metode optice (fără contact).

Pentru verificarea suprafețelor de mică precizie, sau pentru verificarea suprafețelor șlefuite, precizia metodelor mecanice poate fi considerată satisfăcătoare. Se pot utiliza deci, atât șabloane metalice, cât și ceasuri comparatoare cu inel, la care profilul se apreciază funcție de fanta observată sau înălțimea măsurată. Se mai pot utiliza, de asemenea dispozitive cu comparator, care pot verifica profilul suprafeței, măsurând coordonatele polare ale punctelor (fig.19.13.).

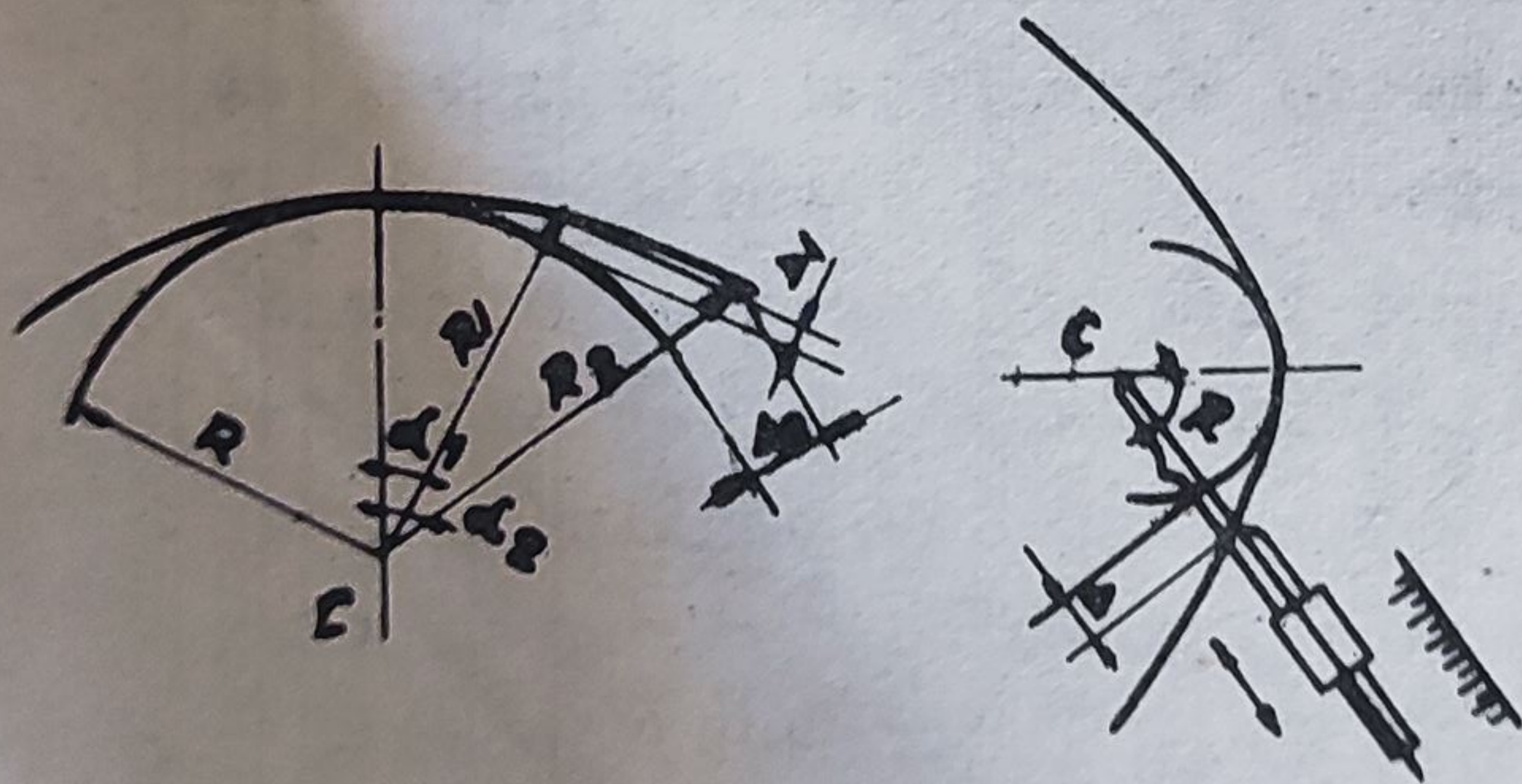


Fig.19.13. Schema pentru controlul suprafețelor în coordonate polare.

Față de centrul de curbura  $C$ , se pot măsura fie razele corespunzătoare diferitelor unghiuri  $\alpha$ , fie abaterile  $\Delta$  ale razelor  $R_1$ , de la o rază sferică dată  $R$ .

asferice, s-au imaginat o serie de metode bazate pe diferite principii:

Pentru verificare pe cale optică a profilului suprafețelor



- metode de măsurare prin autocolimație;
- metoda de măsurare cu ajutorul umbrelor (Foucault);
- metode interferențiale;
- metode ce folosesc proiectarea profilelor.

Cu ajutorul acestor metode se poate face fie verificarea numai a suprafeței piesei (în lumina reflectată) fie controlul global al piesei (în lumina transmisă). Pentru efectuarea controlului este necesară construirea unor aparate speciale.

Precizia de măsurare este însă foarte ridicată :  $\frac{\lambda}{2} \dots \frac{\lambda}{10}$ .

#### 19.8. Controlul nivelelor

După verificarea aspectelor (zgîrieturi, puncte) și a dimensiunilor bulei, este necesară verificarea sensibilității nivelelor. Odată cu aceasta, pentru a verifica și uniformitatea suprafeței șlefuite, se controlează și așa numitul prag de sensibilitate al fiolei care reprezintă de fapt valoarea unghiulară la care înclinînd nivela, începe să se sesizeze deplasarea bulei. În orice caz, pragul de sensibilitate nu trebuie să depășească o treime din valoarea diviziunii. Sensibilitatea fiolei, indiferent de tip, dar mai cu seamă la fiolele de precizie, se verifică cu ajutorul riglei sinus, la înclinarea riglei cu un unghi corespunzător sensibilității, marginea bulei trebuie să parcurgă distanța dintre două diviziuni. Pentru fiolele mai puțin precise (sensibilitatea de ordinul minutelor), verificarea se poate face



și cu dispozitiv de construcție simplă, reprezentat în figura 19.14.

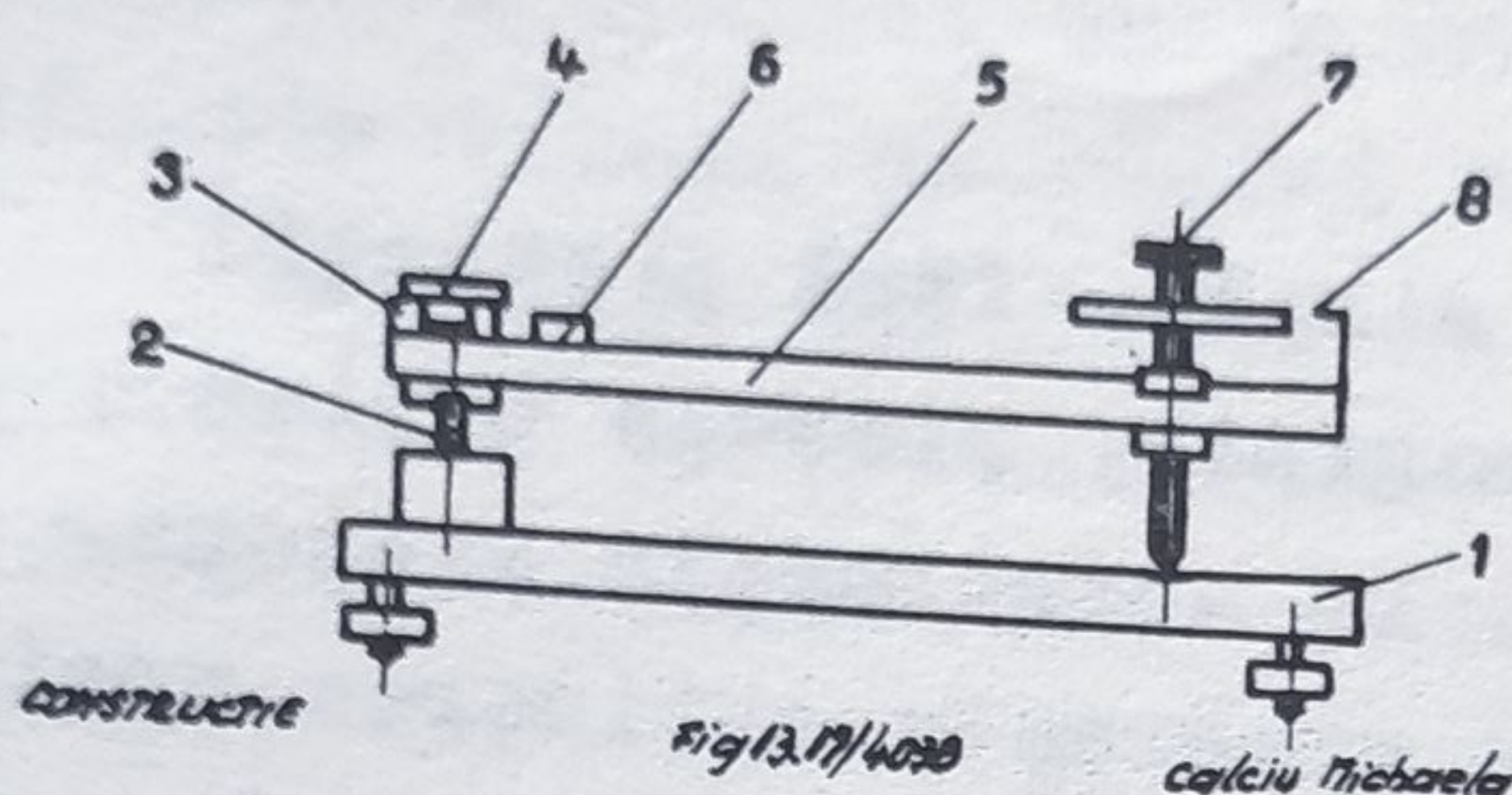


Fig. 19.14. Dispozitiv pentru verificarea fiolelor: 1- placă; 2- reazeme cuțit; 3- suport; 4- fiola de verificat; 5- placă; 6- fiola de calare; 7- șurub cu disc; 8- indice.

Ună fiolă montată de asemenea pe placă. În celălalt capăt sprijinirea plăcii pe postament se face printr-un șurub micrometric, pe care se află un disc gradat. Cunoșcându-se distanța dintre punctele de reazem se poate calcula valoarea unghiulară corespunzătoare deplasării pe verticală cu un pas, prin rotirea șurubului, a capătului liber al plăcii. Pe discul gradat, în dreptul indicatorului, se poate citi înclinarea dată plăcii corespunzător sensibilității, verificându-se în același timp deplasarea bulei. În acest mod se face o verificare finală a fiolei, cu toate să, pe parcurs, aceasta s-a mai făcut, cel puțin odată, în timpul sau la terminarea operației de șlefuire interioară.

O placă se află rezemată la un capăt pe două reazeme cuțit, pentru a se asigura o rotire lină și fără frecări mari. Între reazeme se află plasat un suport la  $90^\circ$  în care se așază fiola. Poziția orizontală a plăcii este verificată cu ajuto-

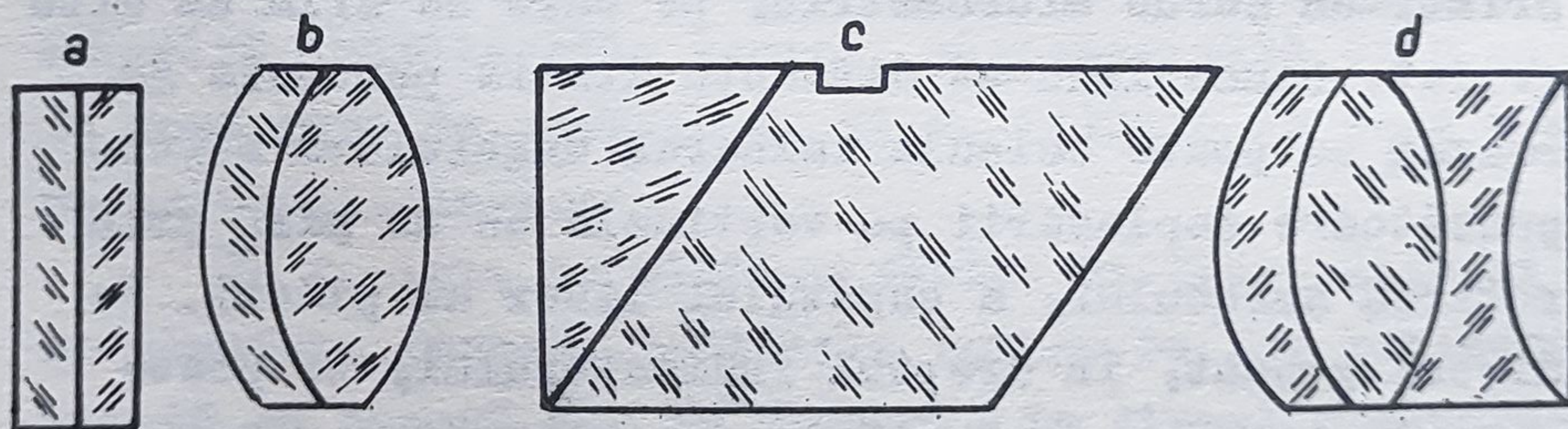


## Capitolul 20

### ÎMBINAREA PIESELOR OPTICE

#### 20.1. Generalități

În sistemele optice simple, fără pretenții deosebite de calitate a imaginii, piesele optice se pot utiliza individual. La construcția sistemelor complexe însă, unde se urmărește obținerea unei calități superioare a imaginii din punct de vedere al corecțiilor, se întâlnesc frecvent ansamble formate din două sau chiar trei lentile sau prisme (dublete, respectiv triplete) îmbinate între ele prin diferite procedee. În figura 20.1. sînt date cîteva exemple de piese optice îmbinate prin lipire.



*Fig. 17.18/4038*

TRUCTIE

Fig.20.1. Exemple de piese optice îmbinate prin lipire;  
a- sticle plane; b- dublet; c- prisme;  
d- triplet.



Îmbinarea pieselor optice se poate face cu ajutorul monturilor (părții mecanice a aparatului), utilizând diferite procedee mecanice de strângere, sau fără ajutorul monturilor. Cel mai adesea îmbinarea pieselor optice se face fără ajutorul monturilor. Îmbinarea se poate realiza prin punerea lentilelor la contact optic sau prin lipirea lor cu diferite tipuri de rășini naturale sau sintetice.

Metodele utilizate la lipirea pieselor optice nu trebuie, în primul rând, să ducă la înrăutățirea caracteristicilor optice ale acestora, să nu producă deci deformarea pieselor prin apariția tensiunilor sau degradarea lor sub aspectul acurateții, datorită unor efecte mecanice.

Îmbinarea realizată trebuie să fie rezistentă și din punct de vedere mecanic, stabilă la acțiunea temperaturii, umidității sau a solventilor organici. În același timp, în cazul unei lipiri incorecte, piesele trebuie să poată fi desfăcute ușor, în vederea refacerii îmbinării.

În încăperile destinate operațiilor de îmbinare a pieselor optice, trebuie menținută în permanență o curățenie perfectă. Pereții se vopsesc în ulei, podeaua se acoperă cu linoleum, utilizându-se sisteme de ventilație care să nu producă curenți de aer, dar care să asigure reținerea particulelor de praf și să mențină o ușoară stare de suprapresiune. Aceasta este necesar, deoarece prezența oricărei impurități sau urme de praf în stratul lipit, duce la deprecierea îmbinării.

Îmbinările se pot face la cald sau la rece (cu sau fără încălzirea pieselor) utilizându-se,



după cum s-a mai arătat, diferite tipuri de rășini naturale (balsam din rășini de conifere) sau sintetice (Balsamin, Araldit, Dinox etc.).

Materialele pentru lipit trebuie să îndeplinească mai multe condiții și anume:

- rezistență mecanică suficientă, pentru a nu permite deformarea pieselor la fixarea în monturi;
- stabilitate termică, pentru a nu permite alunecarea relativă a pieselor la temperaturi de  $40-50^{\circ}\text{C}$ ;
- transparență maximă, pentru a nu exista pierderi mari de flux luminos datorită îmbinărilor;
- omogenitate și indice de refracție apropiat de cel al sticlelor optice curențe ( $1,45-1,65$ );
- coeficient mic de contracție la solidificare, pentru a nu fi necesar material în exces sau în caz contrar a nu se obține piese lipite incomplet. Piese, în special cele subțiri, nu trebuie să fie deformate în timpul solidificării;
- stabilitate la îngheț, care trebuie să nu permită distrugerea stratului de lipire în cazul utilizării aparatelor la temperaturi scăzute ( $-30^{\circ}\text{C}$  ...  $-50^{\circ}\text{C}$ ).

## 20.2. Asamblarea pieselor optice prin lipire

20.2.1. Lipirea pieselor cu balsam de conifere. Balsamul este o rășină naturală obținută de la anumite tipuri de conifere (Canada, Siberia, Caucaz). El este un lichid vâscos, transparent, de culoare galben-verzuie, cu miros specific și format din terbentină (20-34%) și colofoniu.



Pentru utilizarea lui la lipirea pieselor optice, rășina naturală este colectată, purificată, uscată, filtrată și fiartă.

Caracteristicile fizice ale balsamului sînt:

- indicele de refracție  $n_D$  la  $20^\circ\text{C}$  1,52-1,54;
- dispersie medie  $n_F - n_C$  0,0126;
- greutate specifică la  $20^\circ\text{C}$  1,0-1,05;
- coeficient de dilatare liniară  
în intervalul  $-45^\circ\text{C} \dots +150^\circ\text{C}$   
 $0,6 \times 10^{-4} - 2,3 \times 10^{-4}$

Este cel mai răspîndit material pentru lipire avînd omogenitate mare, menținîndu-și transparența în timp, avînd indice de refracție apropiat de cel al sticlei și contracție mică la solidificare.

Prezintă însă și unele dezavantaje, printre care o rezistență mecanică redusă, coeficientul de dilatare mare (de 7-30 ori mai mare ca al sticlei), deci stabilitate mică în special la îngheț și absorbție suficient de mare.

În funcție de dimensiunile, formele și condițiile impuse îmbinării, balsamul se prepară cu diferite viscozități, caracterizate prin cifra de penetrație obținută la verificarea pe diferite tipuri de penetratoare.

Determinarea cifrei de penetrație se face măsurîndu-se în zecimi de mm, pătrunderea acului penetratorului pe verticală, sub acțiunea unei forțe de 100 g ce acționează timp de 5 secunde.

Din punct de vedere al viscozității, balsamul se clasifică în următoarele categorii:



- foarte dur, cu cifra de penetrație 1 - 10;
- dur, cu cifra de penetrație 10 - 25;
- mediu, cu cifra de penetrație 25 - 50;
- moale, cu cifra de penetrație 50 - 65;
- foarte moale, cu cifra de penetrație 65 - 85.

Utilizarea diferitelor tipuri de balsam este determinată, după cum s-a spus, în special de forma și geometria pieselor. De exemplu: pentru lipirea pieselor de dimensiuni până la 25 mm și grosime mare la centru, se va utiliza balsam foarte dur, dacă aparatele în care se montează suportă variații de temperatură. Dubletele cu diametrul de 10 - 15 mm se lipesc cu balsam dur, dacă lipirea se face pe cală și cu balsam de duritate medie dacă centrarea se face pe aparat. Cu balsam mediu se lipesc piese cu dimensiuni între 40 și 60 mm. Cu balsam moale și foarte moale se lipesc în general piese cu dimensiuni de circa 100 mm și peste 100mm. De regulă, în documentația tehnologică, tehnologul trebuie să indice tipul de balsam ce trebuie utilizat pentru lipire. Balsamul trebuie să fie lipsit de praf și impurități, din acest punct de vedere, el clasificându-se în trei calități, după cantitatea de praf sau scame conținută în 5 cm<sup>3</sup> de balsam astfel:

- calitatea I, cu cel mult 5 fire în 5 cm<sup>3</sup>;
- calitatea II, cu cel mult 10 fire în 5 cm<sup>3</sup>;
- calitatea III, cu cel mult 20 fire în 5 cm<sup>3</sup>;

În unele cazuri, pentru a mări stabilitatea la frig și plasticitatea, în balsam se pot adăuga



plastificatori, de tipul uleiurilor de in, de parafină, de nucă etc.

Tehnologia lipirii. Lipirea pieselor cu balsam se face parcurgându-se mai multe etape. Dacă piesele urmează a se centra pe aparate speciale și au diametre diferite, nu se face împerechere decât dacă este necesar, în ceea ce privește grosimea. Dacă însă lipirea se face pe cale, după diametru, este necesar întâi o operație de sortare și împerecherea pieselor după diametru, cu o toleranță de 0,005 mm. Se va proceda deci la lipirea pe cală numai a dubletelor sau tripletelor cu toleranță de centrare peste această valoare, lipirile cu condiții strânse la centrare trebuind să se facă pe un aparat de centrat.

După împerechere, piesele se degresează bine cu alcool și se șterg cu materiale noi, dar care nu lasă scame (șifon).

Suprafețele se perie apoi cu pensule moi, din păr de veveriță sau castor.

Piesele curățate se suprapun pe fața de lipire, fiind astfel pregătite și se depozitează sub clopote de sticlă pentru a le feri de praf. La suprapunere, piesele trebuie să prezinte contact pe margine (1-3 inele concav) pentru a se asigura stabilitatea poziției.

Piesele pregătite se încălzesc pe plite electrice, ce realizează diferite trepte de temperatură, funcție de balsamul folosit.

Balsamul este și el încălzit pe plită. Pentru a se încălzi uniform și a nu-și modifica viscozita-



tea la încălziri repetate, este bine ca încălzirea balsamului să se facă în recipiente de construcție specială, în baie de glicerină (fig.20.2.).

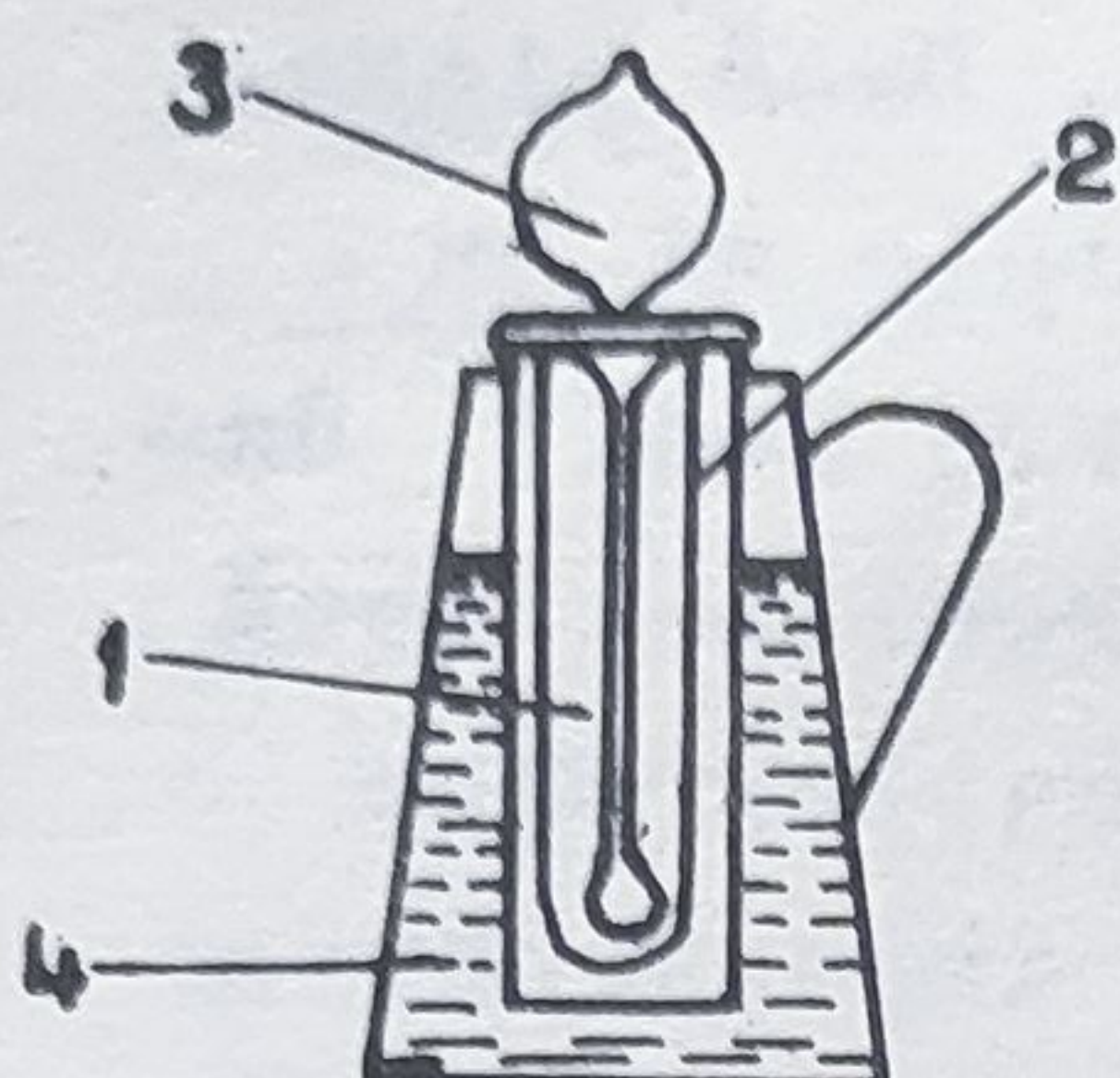


Fig. 20.2. Recipient special pentru încălzirea balsamului:

1- balsam; 2- eprubetă; 3- picurător; 4- glicerină.

1- balsam; 2- eprubetă; 3- picurător; 4- glicerină.

După înmuiere, balsamul este picurat pe suprafața de lipire a lentilei concave și întins cu o baghetă de sticlă sau metal. Se pune apoi lentila convexă deasupra și cu ajutorul unui prelungitor cu un strat de plută la capăt, se imprimă acesteia o mișcare de oscilație, necesară pentru uniformizarea stratului, eliminarea excesului de balsam și a bulelor. În această etapă nu interesează centrarea, ci numai calitatea stratului de lipire ( fig.20.3.).

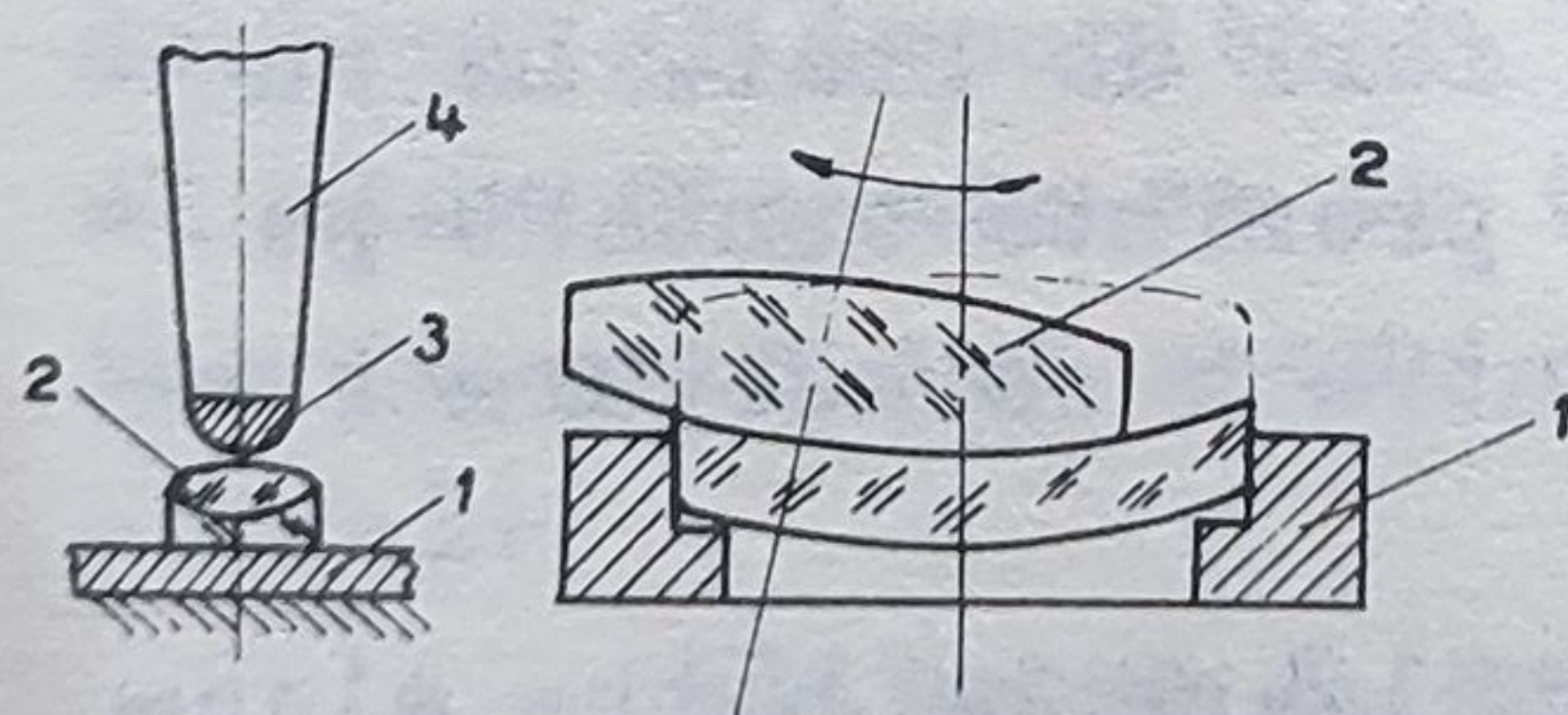


Fig. 20.3. Lipirea lentilelor, 1- suport; 2- dublet; 3- plută 4- prelungitor.

poate pătrunde între lentile, degradând lipitura.

După răcire piesele se curăță îndepărtându-se excesul de balsam, întâi mecanic și apoi printr-o ușoară curățire cu alcool (alcoolul dizolvă balsamul); nu trebuie utilizat prea mult alcool, întrucât



După curățare, dubletele sau tripletele se pun din nou la încălzit, la o temperatură mai redusă, atît cît să fie posibilă deplasarea lentilelor una față de alta. Încălzirea se face în vederea centrării.

După cum s-a arătat, pentru realizarea unor condiții mai largi de centrare după lipire, centrarea se poate face după diametru, utilizînd fie o cală X cu canale de diferite mărimi, fie monturi de centrare sau aparate simple cu nivelă și comparator (fig. 20.4.). Lentilele se presupun deci corect centrate, pentru lipire luîndu-se ca referință diametrul.

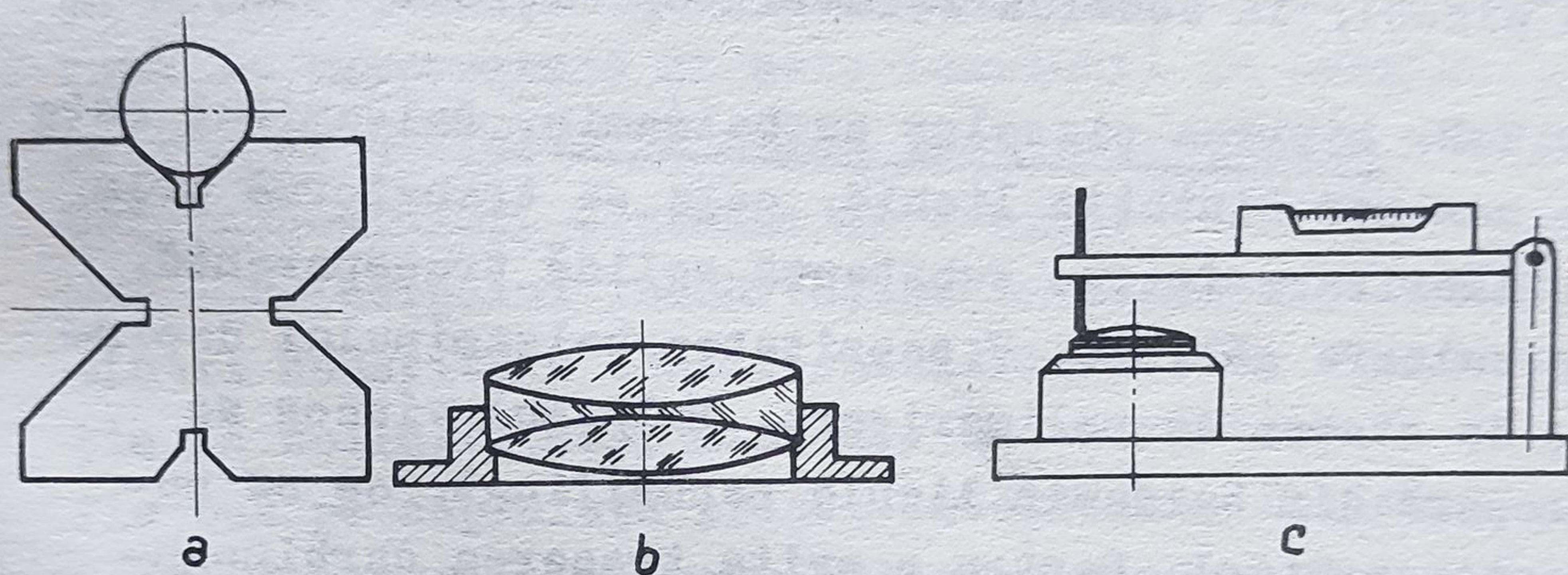


Fig.20.4. Centrarea lentilelor după diametru:  
a- pe cală X; b- în monturi; c- pe dispozitiv  
cu comparator.

La centrarea de precizie, este necesară, după cum s-a spus, utilizarea aparatelor de centrare, de tipul celui ce va fi descris ulterior. După centrare piesele trebuie răcite, de obicei pe o placă masivă cu suprafața perfect orizontală.

După răcire piesele sînt curățate final, pu-  
tînd fi prezentate la control. Înainte de aceasta



însă este necesară efectuarea unei operații de recoacere (încălzire la 40 - 50°C timp de 4-5 ore și răcire lentă) atât pentru eliminarea tensiunilor acumulate în timpul lipirii, cât și pentru a favoriza polimerizarea balsamului. Polimerizarea se petrece și natural, dar într-o perioadă mai lungă de timp. Căldura grăbește procesul, balsamul fiind cu atât mai stabil, cu cât avansează procesul de polimerizare.

Piese constatate defecte la control, se pot dezlipi ușor prin încălzire și se spală de balsam cu alcool, în vederea reluării operației.

20.2.2. Lipirea pieselor cu balsamin. Balsaminul este un monomer sintetic lichid, care se transformă prin polimerizare într-o substanță solidă transparentă, de culoare gălbuie. Viscositatea balsaminului depinde de starea de polimerizare. Balsamul vâscos se prepară din balsamin lichid nepurificat, ce se numește carbinol. Pentru a evita trecerea carbinolului în stare vâscoasă datorită polimerizării, în el se introduce un stabilizator. Balsaminul se prepară prin distilarea carbinolului la 50-60°C la presiune scăzută (18 mm col Hg) și în prezența unui catalizator (peroxid de benzoil 1%). Balsaminul devine solid după lipire, prin polimerizare.

Este recomandabil ca utilizarea balsaminului să se facă imediat, sau la cel mult 8 ore de la preparare, întrucât s-a dovedit că la utilizarea lui ulterioară, dezlipiturile sînt frecvente. Polimerizarea balsaminului este accelerată de acțiunea luminii, căldurii și oxigenului, din această cauză



fiind necesară păstrarea lui la întuneric și temperatură scăzută.

Caracteristicile balsaminului depind de starea de polimerizare și sînt următoarele:

- indicele de refracție  $n_D$  1,475 - 1,519;
- dispersia medie  $n_F - n_C$  0,0139 - 0,0116;
- greutatea specifică d 20°C 0,889 - 1,03;
- coeficientul de dilatare liniară în intervalul 0-35°C  $3,4 \times 10^{-4} - 1,3 \times 10^{-4}$

Balsaminul are o aderență bună și o rezistență mecanică mai mare ca balsamul. Are o stabilitate bună la temperatură și este insolubil în benzină, petrol și uleiuri. Se umflă însă la acțiunea acetonei, alcoolului, eterului și a apei.

Principalul inconvenient la lipirea cu balsamin îl constituie coeficientul ridicat de contracție la solidificare, din care cauză el trebuie să fie pus pe suprafața piesei întotdeauna în exces. Această contracție produce deseori deformări pieselor. Piese cu defecte se desfac greu, încălzite în glicerină pînă la 130-170°C. Aceasta poate afecta suprafața pieselor în special la sticlele instabile chimic. Deși prezintă acest dezavantaj balsaminul este folosit datorită rezistenței lipiturii.

Tehnologia de lipire cu balsamin nu diferă prea mult de lipirea cu balsam. După pregătire, piesele se lipesc la rece. După cum s-a arătat, cantitatea de balsamin trebuie să fie întotdeauna în exces. După lipire, piesele se încălzesc pe re-



șou la 50 - 60°C, făcându-se<sup>1</sup> centrarea. După centrare, piesele se mențin în aceeași poziție timp de cel puțin 24 ore (la piese mari 48 ore) pentru solidificare. Centrarea se face însă numai avînd piesele la orizontală (se exclud calele X) pentru a nu se scurge balsaminul.

După solidificare se poate face și o recoacere a pieselor, pentru detensionare și polimerizare. Abia după ce piesele se consideră lipite se poate face curățirea lor, operația fiind foarte anevoioasă, datorită atît cantității mari de balsamin în exces, cît și durității acestuia și rezistenței la solvenți.

Rezistența mecanică a balsaminului fiind mare, piesele se pot lipi în unele situații necentrate, așa cum rezultă din polisare, urmînd ca centrarea să se facă în ansamblu.

20.2.3. Lipirea pieselor cu Araldit. Aralditul este un adeziv pe bază de rășini sintetice epoxidice. El se prezintă sub formă solidă, fiind utilizat la executarea lipiturilor la rece, întărirea producîndu-se în contact cu substanțe alcaline, baze și substanțe ce conțin hidrogen. Se poate prezenta și sub formă de batoane, în care caz lipirea se face la cald, ungîndu-se suprafețele de lipit încălzite cu adeziv.

Aralditul este complet rezistent la apă, benzină, alcool, acetonă.

La utilizarea Aralditului cu durifiant, după ce se face amestecul în proporțiile indicate reali -



zîndu-se o pastă vîscoasă, se ung suprafețele de lipire. Pentru lipirea pieselor amestecul se face mai fluid, pentru a se putea realiza straturi subțiri. După lipire, pentru întărire, piesele se introduc în cuptor, la o temperatură sub  $200^{\circ}\text{C}$ , limita la care Aralditul se descompune.

Și aici, datorită rezistenței ridicate, este posibilă lipirea pieselor necentrate, urmînd ca debordarea să se facă în ansamblu.

Curățirea pieselor se face mecanic, cu cuțite fine, dată fiind rezistența și insolubilitatea adezivului.

În cazul ansamblelor cu defecte, dezlipirea se poate face la flacără de gaze, însă cu riscul rebutării pieselor, nefiind altă posibilitate de dezlipire.

Datorită rezistenței deosebite la solvenți și agenți chimici, lipirea cu Araldit se utilizează la lipirea pieselor ce lucrează în contact cu medii agresive (de exemplu: cuve pentru colorimetre).

20.2.4. Lipirea pieselor cu Dinox. Dinoxul este de asemenea o rășină sintetică utilizată pentru lipirea pieselor optice. Lipirea se execută identic ca în cazul Aralditului, cu observația că, datorită faptului că solidificarea se petrece foarte rapid, cantitățile ce se amestecă cu durificatorul sînt mici, prepararea făcîndu-se pe măsura utilizării, întrucît dacă se ajunge la solidificare devine neutilizabil. Se recomandă utilizarea cantităților mici și deoarece durificatorul este puțin toxic.

Domeniul de utilizare este de asemenea similar cu cel al Aralditului.



### 20.3. Asamblarea pieselor optice prin contact optic

Este un procedeu puțin folosit, bazat pe forța de adeziune ce apare între două suprafețe cu formă geometrică absolut identică și de foarte bună calitate a prelucrării. Se folosește pentru îmbinarea pieselor optice din materiale omogene și cu o diferență admisibilă a coeficientului de dilatare liniară pînă la  $(15...20) 10^{-7} \text{ grad}^{-1}$ . Se realizează mai ușor pentru suprafețe plane și mult mai greu pentru lentile, datorită dificultăților de prelucrare foarte exactă a razelor de curbura și centrării greoaie, dependentă de forța de adeziune.

Procedeul se recomandă pentru îmbinarea pieselor ce lucrează în domeniul razelor cu lungimi de undă relativ mici, în condiții cu variații bruște de temperatură, în vid și în medii chimice agresive, precum și la lentilele de precizie cu dimensiuni mari.

Procesul tehnologic de asamblare a pieselor optice prin contact optic constă din următoarele operații:

- Pe suprafața optică prelucrată se aplică o peliculă de bioxid de siliciu ( $\text{SiO}_2$ ) cu grosimea de 8-15 nm. În funcție de materialul pieselor asamblate pelicula se formează fie prin decaparea în acid azotic cu spălări ulterioare, fie prin depunerea de soluție de ester ortosilicic ( $\text{H}_4\text{SiO}_4$ ) sau prin hidroliza vaporilor de tetraclorură de siliciu.

- Pelicula depusă se usucă la temperatura de  $100^\circ\text{C}$  și se menține în continuare la temperatura camerei timp de 24 ore.



Se centrează lentilele și se aplică o forță de apăsare, realizându-se o adeziune puternică, care permite debordarea suprafețelor cilindrice după asamblare.

- Încălzire la temperatura de  $250^{\circ}\text{C}$ , timp de 8 ore, urmată de o răcire a blocului în cuptor. În general regimul termic depinde de tipul sticlei și dimensiunile piesei.

Dezlipirea ansamblurilor poziționate greșit sau cu acuratețe necorespunzătoare se poate face prin încălzirea diferențiată a pieselor în contact.

Avantajele procedeului constau în:

- rezistență mecanică foarte ridicată;
- rezistență la variații de temperatură și la acțiunea solvenților;
- proces tehnologic și aparatură de lipire foarte simple;
- lipsa pierderilor de lumină prin absorbția (întâlnită la lipirea cu balsam) în stratul de adeziv.

Dezavantajele metodei se evidențiază prin:

- necesitatea realizării unor suprafețe de contact precise;
- necesitatea realizării unei curățiri exemplare a suprafețelor de contact;

Aceste dezavantaje duc la cheltuieli importante de manoperă și la productivitate scăzută.

#### 20.4. Verificarea pieselor lipite

La lipirea incorectă a pieselor, cum și datorită



influențelor diferiților factori ca: temperatura, solicitări mecanice, șocuri, agenți chimici, solvenți etc., stratul lipit se distruge local, ceea ce duce la apariția bulelor, dezlipiturilor etc. Aspectul defectelor în stratul lipit este prezentat în figura 20.5.

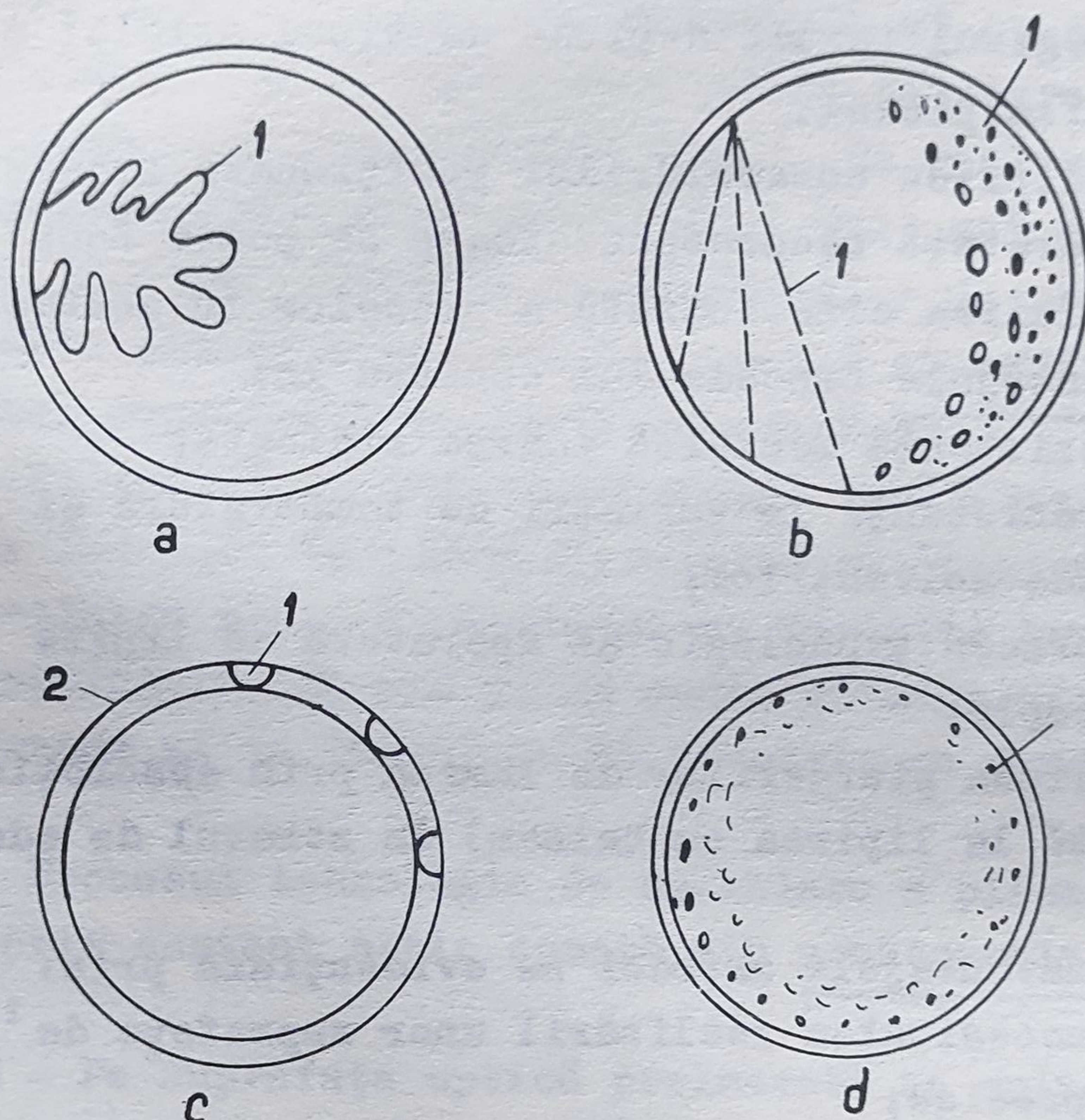


Fig.20.5. Aspectul pieselor cu defecte în stratul de lipire:

a- dezlipitură; b- bule; c- peliculă dizolvată în alcool; d- puncte.

În afara controlului normal privind dimensiunile și acuratețea pieselor, verificarea pieselor lipite comportă și examinarea stratului de lipire,



verificarea centrării și, eventual, controlul distanțelor focale și a stabilității la temperatură.

Examinarea stratului de lipire se face la lumina unei lămpi de 60-100 W, prevăzută cu geam mat sau opalescent, pe fond negru (fig.20.6.).

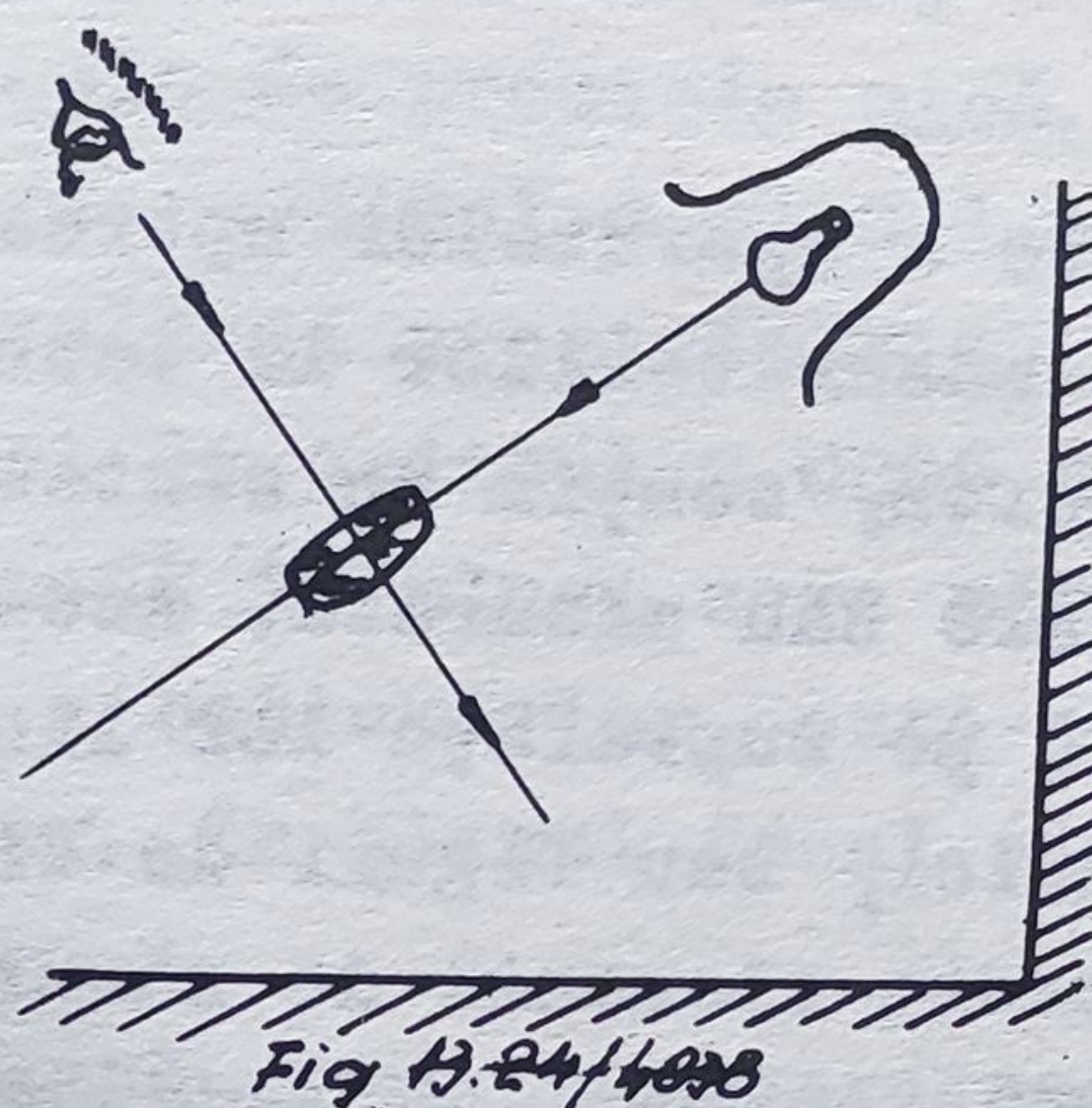


Fig.20.6. Verificarea defectelor în stratul de lipire.



## Capitolul 21

### CONFECȚIONAREA SCĂRILOR GRADATE ȘI RETICULELOR

#### 21.1. Generalități

Marea majoritate a aparatelor optice, destinate atât studiilor și măsurărilor la laborator, cât și observărilor în teren, conțin în sistemul lor optic elemente de reglare sau măsurare. Aceste elemente de măsurare conțin pe suprafața lor linii drepte sau curbe, cifre, indici, sau figuri de diferite forme. De regulă, aceste elemente de măsurare sînt reprezentate pe piese distincte, scări gradate sau reticule, dar pot fi plasate și pe suprafața plană a unei lentile, prisme, sau, chiar pe suprafețe curbe. Întrucît în fond, diferența între scări gradate și reticule constă numai în destinația lor diferită, în cele ce urmează ele se vor cuprinde în general sub denumirea de reticule.

Inițial însă, trebuie menționat că se consideră reticule elementele care servesc pentru reglarea aparatelor, de regulă avînd configurație simplă și se include în denumirea de scări gradate, totalitatea elementelor de măsurare ale aparatelor, mai precise și mai complicate, deci mai dificil de executat. Ele se pot însă discuta împreună, întrucît metodele tehnologice de realizare sînt aceleași, fiind vorba în fond tot de trasarea și imprimarea unor figuri pe sticlă.



Funcție de destinația aparatelor în care se utilizează, la executarea reticulelor se pot impune diferite condiții de precizie pentru mărimile liniare și unghiulare ale acestora. Funcție de precizia cerută, reticulele pot fi încadrate în:

- reticule de precizie mică, dacă toleranțele liniare sînt de ordinul a 0,1 mm, iar mărimile unghiulare sînt tolerate mai larg de 5' ;

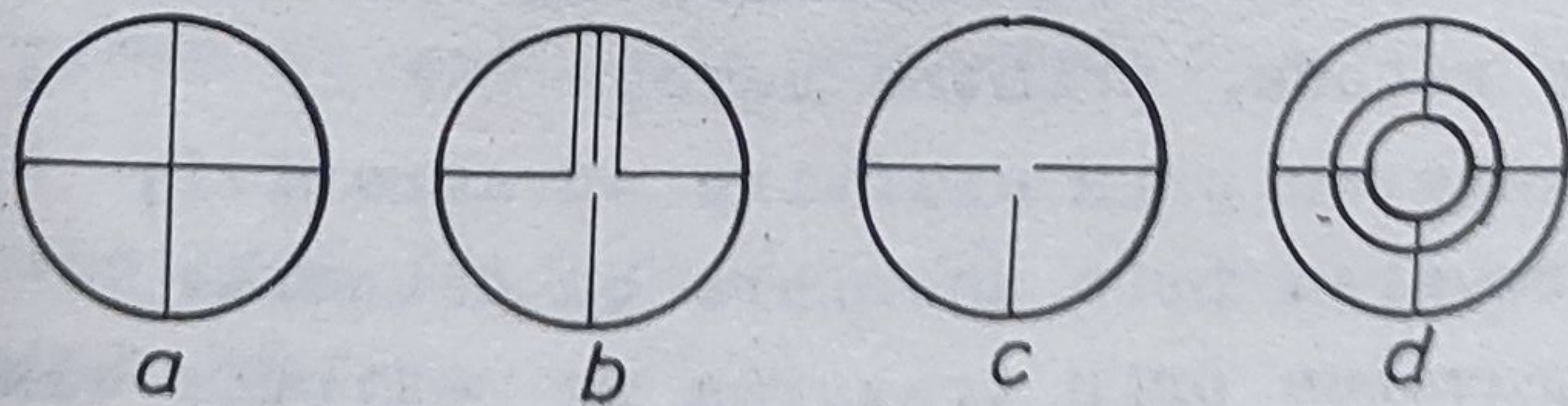
- reticule de precizie mică, dacă toleranțele liniare sînt de ordinul 0,01-0,1 mm, sau 1' - 5' ;

- reticule de precizie ridicată, cînd abaterile admise sînt de ordinul 0,0005-0,01 mm sau 1" - 1'.

Un element în plus, care mărește dificultățile de realizare a reticulelor, este plasarea lor sau a imaginilor lor, în planul focal al ocularului aparatului.

În această situație, este evident că defectele proprii ale suprafeței nu trebuie să depășească valoarea diviziunilor și ca atare reticulele se încadrează aproape întotdeauna în clasele cele mai ridicate de acuratețe (I sau II).

În figura 21.1, a, b, c, și d sînt reprezentate cîteva tipuri de reticule.



21.1. Diferite tipuri de reticule.



## 21.2. Metode de confecționare a reticulelor

Condițiile în care se cere a se executa reticulele, fiind foarte diferite de la caz la caz, precum și mărimea seriei de fabricație, au condus la utilizarea mai multor metode de gravare. Metodele diferă de asemenea, dacă se cere realizarea unei gravuri clare pe fond întunecat, față de modul normal de lucru (gravuri netransparente pe fond clar).

Ca și la celelalte operații și aci se poate stabili totuși o succesiune normală a fazelor ce trebuie parcurse în vederea realizării reticulelor și anume:

- pregătirea pieselor, care constă în curățirea acestora și acoperirea cu lacuri protectoare (elastice sau metalice);
- trasarea detaliilor de gravare, potrivit metodei adoptate;
- corodarea sau depunerea detaliilor de gravare;
- vopsirea detaliilor de gravare;
- curățirea și controlul final al pieselor gravate.

În ceea ce privește posibilitatea de realizare a reticulelor, determinată după cum s-a spus de precizia cerută și mărimea seriei, se folosesc astăzi o serie de metode, printre care:

- gravarea prin șlefuire cu abrazivi;
- gravarea prin aşchiere cu diamant;
- gravarea prin trasarea pe pelicule elastice și corodare chimică;
- gravarea prin trasare pe pelicule metalice sau vopsele;



-gravarea prin procedee fotografice.

În cele ce urmează se vor prezenta particularitățile fiecărui procedeu în parte.

### 21.3. Mașini pentru trasarea reticulelor

Indiferent de metoda folosită pentru realizarea unui reticul, dacă într-un caz sau altul se elimină ca nefiind necesară una sau mai multe din etapele amintite, rămâne totuși un element comun: trasarea detaliilor de gravare. Această operație se execută pe diferite tipuri de mașini sau dispozitive, manuale sau automate, care copiază după șabloane, sau divizează pe principii pur mecanice. Toate aceste diferențe pot constitui criterii de clasificare pentru mașinile de gravat.

Cel mai des întâlnite în secțiile de prelucrări optice sînt pantografele.

Pantografele sînt mașini destinate pentru trasarea reticulelor, prin micșorarea detaliilor de gravare ale acestora la o scară dată. Trasarea la o scară mai mică a detaliilor executate în relief pe șablon, se realizează cu ajutorul unor dispozitive tipice, articulate, de tipul paralelogramelor deformabile, piesa și șablonul rămînînd fixe în timpul trasării.

Principiul de funcționare al pantografelor este reprezentat în figura 21.2.

După cum se poate vedea, pantograful realizează detaliile la scară micșorată și inversată. Dacă însă legătura cu acul se face printr-o articulație cardanică, figura este redresată.



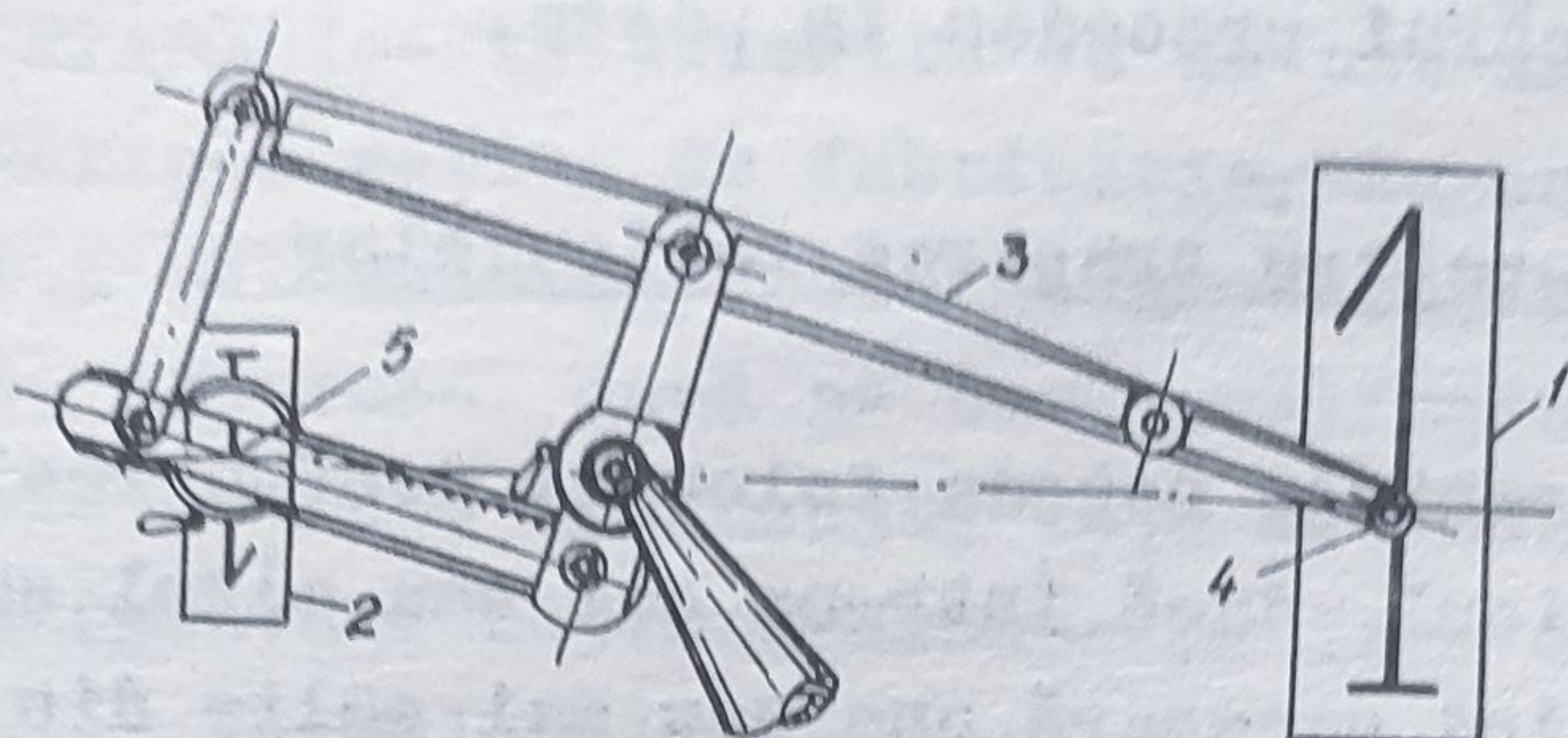


Fig.21.2. Principiul de funcționare al pantografului :

1- șablon; 2- gravură; 3- braț; 4- urmăritor; 5- ac.

În afara elementului principal, sistemul articulată amintit, construcția pantografelor mai cuprinde și o serie de alte elemente, legate de centrarea gravurii pe reticul, modificarea scării, manevrarea acului etc.

Raportul în care pantograful poate micșora detaliile de gravare conținute de șablon, este cuprins între  $1 : 8$  și  $\infty$ . În mod curent se folosesc demultiplicări  $1/10$ - $1/50$ .

Modificarea raportului de demultiplicare se face prin schimbarea distanței articulației cardanice față de paralelogram.

Piesa este așezată într-o montură, executată potrivit dimensiunilor ei, pe suportul săniei. Aceasta poate executa trei deplasări: translație în două direcții perpendiculare și rotație de  $360^{\circ}$ . Toate aceste



deplasări se pot măsura pe discurile divizate existente și folosesc atât pentru centrarea piesei față de acul de trasare, cât și pentru executarea unor gravuri simple.

Acul se poate ridica și coborî printr-un sistem de pîrghii, pentru ridicarea lui de pe suprafața piesei, la terminarea unui detaliu, pentru deplasarea următorului la detaliul următor. Pentru așezarea acelor pe piesă, introducerea și scoaterea monturii, întreg sistemul articulată se poate deplasa în sus, învîrtind roata cu mîner pe placa de bază a pantografului.

Observarea detaliilor trasate pe piesă, ca și centrarea reticulului, se fac cu ajutorul microscopului fixat pe suport, în dreptul mesei. Pentru compensarea grosimii șablonului, sau copierea literelor și cifrelor după trusa alfabetică și suportul pentru fixarea șabloanelor se poate deplasa pe verticală.

Centrarea pieselor pe pantograf în vederea trasării, este un element comun tuturor metodelor și necesită unele explicații. Înainte de începerea lucrului, este necesară centrarea monturii față de șablonul de gravaj, pentru ca trasarea să se facă centrat față de conturul piesei (din această cauză, toleranțele dimensionale la reticule sînt mai strînse decît la celelalte piese optice).

Centrarea se face pe o piesă de probă acoperită cu lac de protecție. Următorul se așază pe șablon în centrul gravurii.

Dacă detaliul de gravare nu prezintă marcat punctul central (printr-o intersecție a două linii),



este necesar ca tehnologul să prevadă marcarea centrului gravurii pe desenele de execuție ale șablonului.

Față de această poziție, se sprijină acul pe piesă, căreia i se imprimă o mișcare de rotație. Montura fiind inițial descentrată, pe piesă se va obține un cerc. Prin manevrarea celor două săni și a șablonului se modifică poziția monturii (deci și a piesei) și se repetă operația, pînă ce în locul cercului se va obține practic un punct, care atestă centrarea corespunzătoare a monturii (piesei).

Utilizarea pantografelor pentru trasarea reticulelor, prezintă avantajul executării șablonului în toleranțe destul de largi, întrucît erorile sînt reproduse pe piesă micșorat la scara respectivă. Reciproc, la o confecționare atentă a șabloanelor, pantografele permit obținerea unor gravări precise, din considerentele menționate.

După cum s-a menționat anterior, pantograful prezentat este destinat gravurilor de precizie. Pentru gravuri mai puțin pretențioase (de exemplu embleme) construite astfel ca toată figura să se realizeze dintr-o singură așezare a urmăritorului s-au construit diferite tipuri de pantografe, orizontale sau verticale, pentru producția de mare serie, prevăzute cu 6, 8 sau mai multe axe de trasare.

În practica executării reticulelor, se ivesc situații, în special în cadrul întreprinderilor constructoare de aparatură topografică, în care trebuie realizate divizări de precizie, circulare sau liniare.

Pentru astfel de lucrări, se folosesc mașini automate de divizat liniar sau circular, construite pe principii pur mecanice.



Mașinile de divizat utilizate pentru confecționarea pieselor optice ca astfel de detalii de gravare, sînt executate de regulă ca mașini automate de mare precizie (toleranțe unghiulare de ordinul secundelor și liniare de ordinul micronilor). Angrenajele din lanțurile de divizare, ca și toate elementele mașinii de altfel, sînt executate foarte îngrijit, întrucît aci condițiile sînt mai severe decît la gravarea pieselor mecanice pe mașini similare. Construcția de principiu a mașinilor de divizat pentru trasarea reticulelor este similară cu cea a mașinilor de gravat piese metalice. Valoarea diviziunilor, ca și dimensiunile acestora, se reglează cu ajutorul roților de divizare, mecanismelor de clichet, opritoarelor reglabile etc.

Întrucît nu se va reveni cu detalii privind divizarea automată, trebuie menționat aci că, pe mașinile de divizat, se execută piese fie direct, prin așchiere cu cuțit de diamant, fie prin trasare pe pelicule cu ace de trasat și apoi corodare chimică sau depunere metalică în spațiile de pe care pelicula elastică a fost îndepărtată prin trasare. În orice caz, realizarea pieselor de tipul și în condițiile menționate, reprezintă un lucru destul de dificil. Încăperile în care se amplasează astfel de ut laje trebuie să fie complet lipsite de vibrații, microclimatul să fie controlat de instalații de climatizare etc.



#### 21.4. Gravarea prin șlefuire cu abrazivi

Gravarea prin șlefuire cu abrazivi se aplică în cazul unor gravuri simple (cercuri, linii) a căror lățime a liniei depășește 0,2 mm. Este deci vorba de gravuri mecanice, puțin pretențioase, care pot fi executate printr-un proces de șlefuire cu abrazivi. În figura 21.3. este reprezentat un asemenea reticul precum și acul utilizat pentru realizarea acestuia.

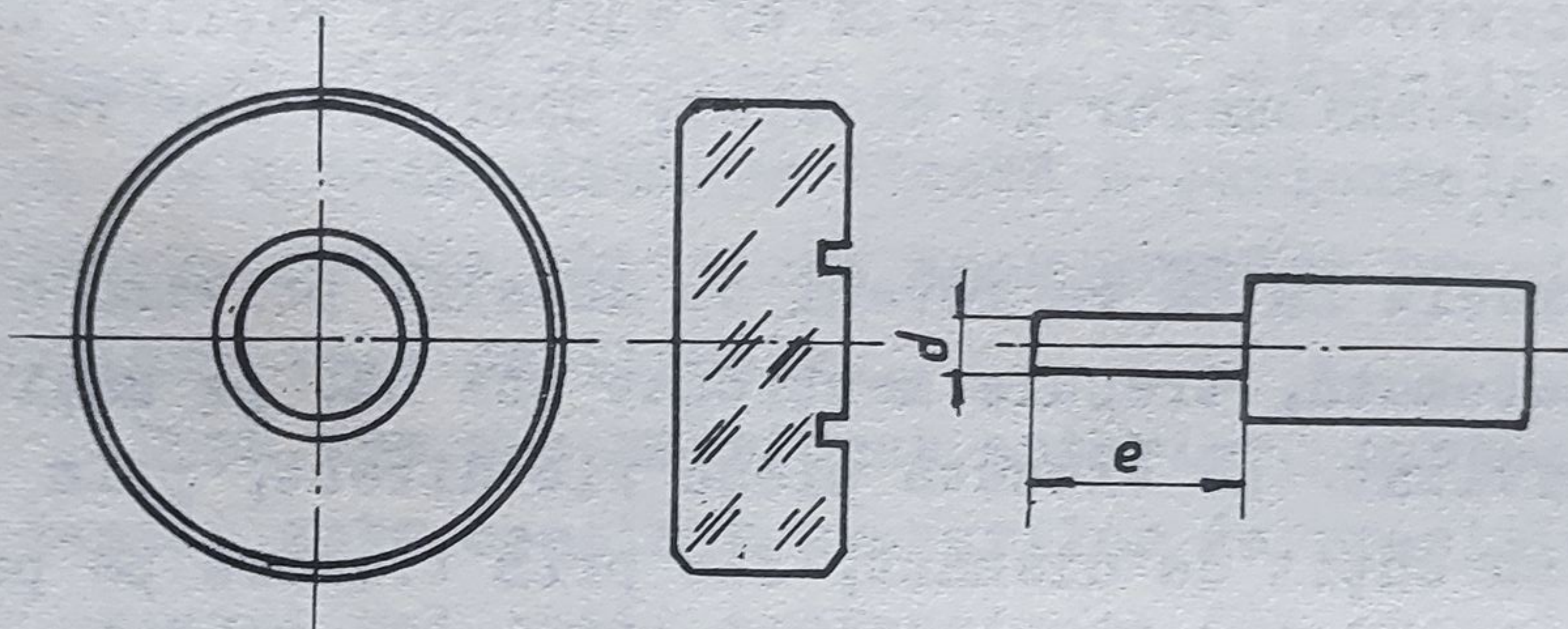


Fig.21.3. Realizarea reticulelor prin șlefuire cu abrazivi.

Acul de șlefuire este confecționat din alamă. Raportul dintre lungime și diametrul părții de lucru se menține în limitele 4 : 1 sau 5 : 1 pentru a se asigura rigiditatea vârfului. Diametrul părții de lucru este tocmai grosimea liniei ce trebuie realizată.



Pe suprafața piesei de gravat se pune cu pensula pastă abrazivă (abraziv M 14 sau M 10). Prin trecerea repetată a acului pe suprafața piesei, pe care se află abrazivul, datorită unei mișcări de rotație sau translație imprimată mesei pantografului, sub o apăsare ușoară (greutate adițională pusă pe suportul acului) se obține în scurt timp șlefuirea suprafeței. În timpul lucrului, se va picura apă pe piesă, pentru a menține viscozitatea inițială a pasteii abrazive.

Adâncimea de gravare depinde de duritatea materialului din care este confecționată piesa, numărul de treceri și mărimea greutății adiționale.

După șlefuire, reticulul se spală în jet de apă caldă, pentru îndepărtarea abrazivului și apoi se degresează cu neofalină și eter.

Vopsirea urmelor realizate prin acest procedeu, se poate face cu vopsea de ulei sau nitroemailuri de diferite culori.

#### 21.5. Gravarea prin aşchiere cu diamant

Gravarea directă a pieselor cu cuțite de diamant este singurul procedeu posibil, de realizare a reticulelor prin aşchiere. Este tot un procedeu mecanic, utilizat mai puțin pentru gravare pe pantograf, fiind destinat în special gravării pe mașini de divizat. Gravarea cu diamant se folosește pentru obținerea gravurilor de precizie, cu lățimea diviziunii de 0,0005-0,002 mm. Datorită fragilității diamantului, presiunea de lucru nu poate fi prea mare; ca atare, profunzimea



gravurii este redusă. Metoda este folosită pentru realizarea rețelelor, celulelor de măsurare, inelelor divizate ale aparatelor topografice etc. În orice caz, pentru a evita degradarea diamantelor, este de preferat ca gravura să fie compusă din linii drepte cu cât mai puține intersecții. Se poate folosi și la gravarea emblemei pe lentilele de ochelari, dacă se realizează un tip de emblemă fără intersecții.

Pentru gravare, se folosesc granule de diamant fixate pe suporturi, astfel încât să se poată utiliza un colț considerat corespunzător pentru gravare.

Mai rar se folosesc cuțite cu diamant, întrucât în acest caz gravura se poate executa numai într-o singură direcție, dată de așezarea cuțitului (fig. 21.4.). Se mai pot utiliza scule speciale de gravat sub forma unor piramide triunghiulare.

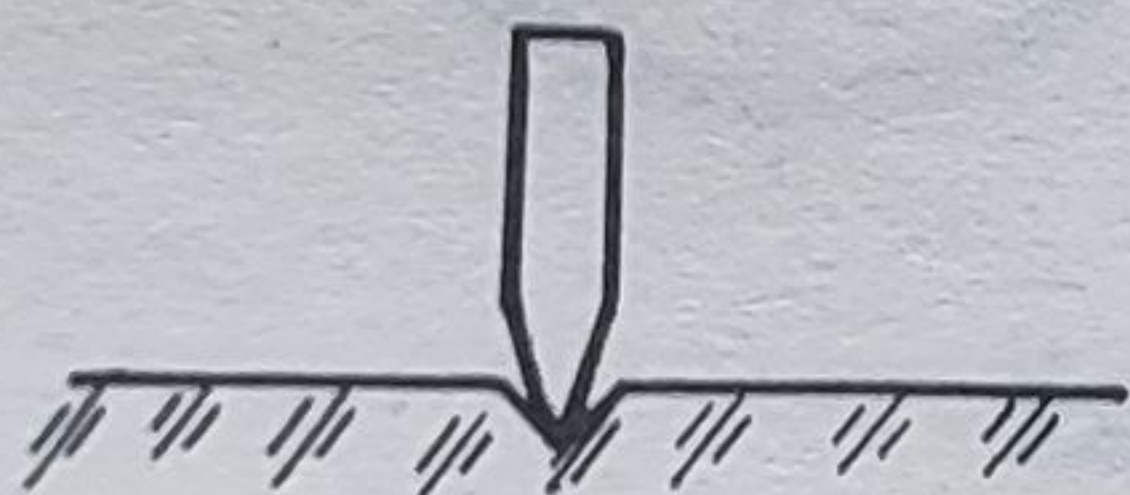


Fig. 21.4. Gravarea cu cuțit de diamant.

Vîrfurile de diamant sînt foarte fragile și trebuie manipulate cu atenție. În caz de degradare, acele de diamant se pot șlefui pe mașini speciale, cu discuri de fontă perlitică și praf de diamant, sau cu scule de diamant sinterizat de granulație foarte fină.

În cazul lucrului pe mașini de divizat, la gravare cu diamant, trebuie să fie respectate cu strictețe elementele de regim, pentru a evita degradarea prematură a acestora, cu atît



mai mult cu cît gravura are diviziuni multiple și un singur defect poate compromite întreaga piesă.

Apropierea de piesă se va face lent. Prinderea pe suport trebuie să fie rigidă, gravura cu diamant neadmițînd nici cele mai slabe vibrații.

Viteza de așchiere nu trebuie să depășească 1 mm/s. De regulă, gravurile executate prin așchiere cu diamant nu se vopsesc.

#### 21.6. Gravarea reticulelor prin trasare pe pelicule elastice și corodare chimică

Realizarea reticulelor prin trasare pe pelicule elastice protectoare și corodare chimică, reprezintă procedeul cel mai des utilizat în producția curentă.

Datorită însă diferitelor condiții de precizie în care se execută reticulele, procedeul cuprinde mai multe variante tehnologice, care diferă prin natura peliculei de protecție utilizate și modul de corodare.

Etapele ce se parcurg pentru realizarea reticulelor sînt cele expuse anterior.

Principiul de gravare constă în acoperirea suprafeței piesei cu pelicule de diferite tipuri și decuparea prin trasare pe pantograf, după șablon, a detaliilor de gravare. Suprafața sticlei descoperită prin trasare este supusă apoi acțiunii unui agent chimic puternic (pe bază de acid fluorhidric) stratul rămas pe piesă avînd rolul de a proteja suprafața acesteia de efectul de corodare.



În figura 21.5. este reprezentat principiul de gravare prin trasare pe pelicule elastice și corodare chimică.

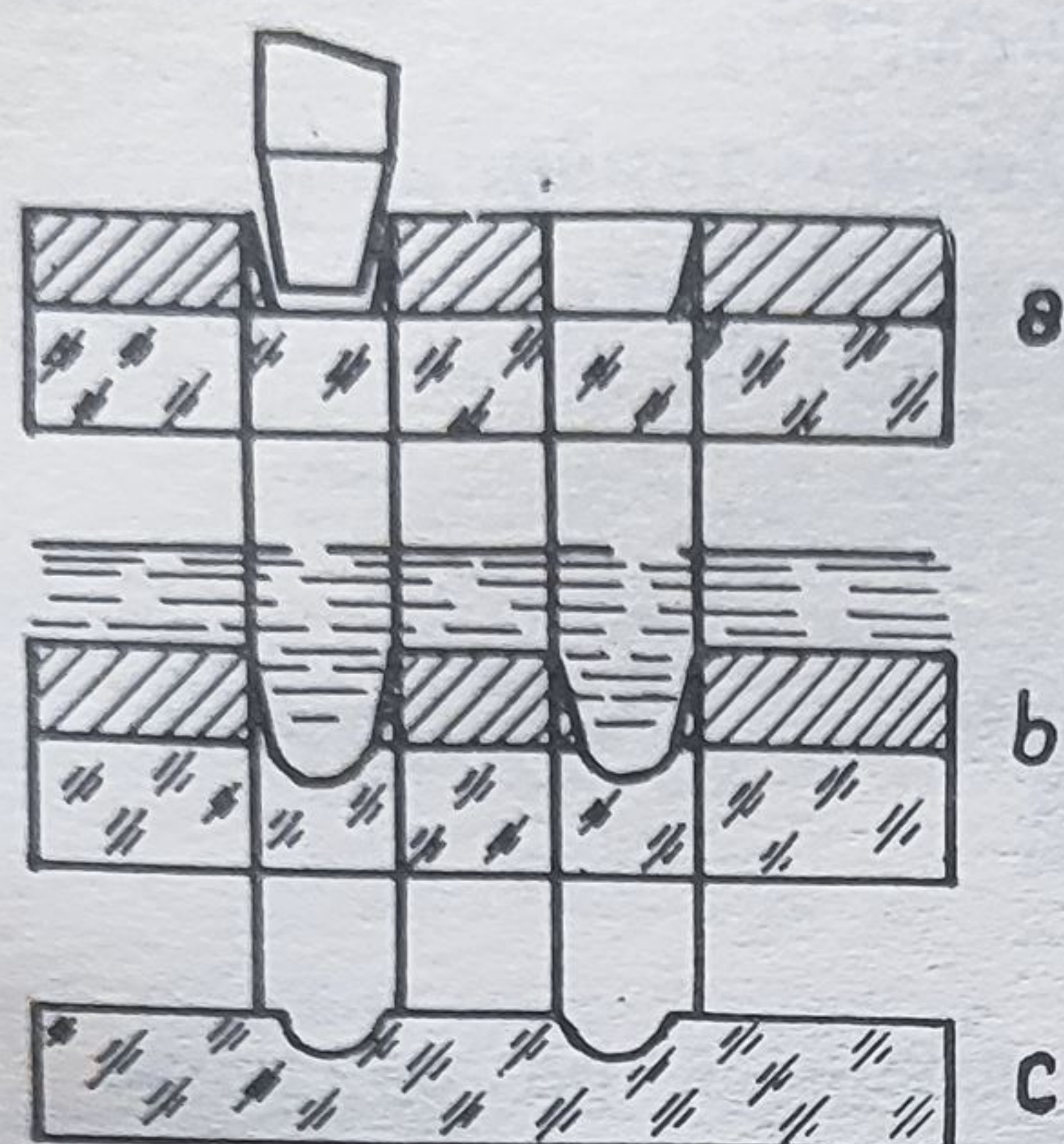


Fig.21.5. Principiul de gravare prin trasare pe pelicule elastice și corodare chimică:

a- trasare; b- corodare; c- curățire.

Gravarea prin trasare pe pelicule de ceară permite obținerea unor gravuri groșiere de tipul emblemelor, cifrărilor sau marcărilor. Imprecizia se referă atât în ceea ce privește grosimea liniilor, cât și corectitudinea conturului gravurii.

Pe piesa de gravat se întinde cu o pensulă lată o peliculă formată din parafină, cerezină și ceară de albine.

După răcire, piesa se poate trasa pe pantograf, după șablon, sau din manetele săniilor. Trasarea se face cu ajutorul unui ac de oțel, tratat, cu vîrf conic, terminat cu o teșitură a cărei lățime este egală cu lățimea diviziunii de realizat.

După trasare, întreaga suprafață a piesei (posterioară) se acoperă cu ceară, întrucît de regulă, în acest caz, corodarea se execută prin acțiunea directă a acidului fluorhidric sub formă lichidă. După protejare, pe locul trasat se pune o picătură de acid fluorhidric concentrat, în vederea corodării suprafeței descoperite prin trasare. Picătura se deplasează în lungul trasajului, cu un tampon de vată pe un bețișor de lemn.



Cînd se consideră că s-a obținut profunzimea necesară (se determină experimental funcție de comportarea materialului la corodare) piesele se spală în jet puternic de apă, se usucă și se introduc în tăvi cu benzină, pentru dizolvarea peliculei de ceară. Piesele se limpezesc apoi în benzină curată și se degresează în neofalină.

Gravura se vopsește, prin introducerea în urma obținută prin corodare a unor vopsele de tipul celor pentru pictură sau a unor pigmenti fixați cu silicat de sodiu (se va reveni).

Cel mai frecvent, pentru confecționarea reticulelor prin trasare pe pelicule elastice și corodare chimică este folosită acoperirea suprafețelor piesei cu peliculă de lac.

Gravarea prin trasare pe pelicule de lac permite obținerea unor gravuri cu o lățime de riz cuprinsă între 0,01 și 0,15 mm, ceea ce reprezintă cazul reticulelor curențe.

Înainte de acoperirea cu pelicule de lac, piesa este fixată în montură, degresîndu-se bine suprafața cu tampoane îmbibate în neofalină și apoi în eter. După degresare, pe suprafața piesei se picură lacul de protecție, ce trebuie să formeze pe suprafața piesei o peliculă continuă, cît mai subțire și uniformă. Pentru aceasta, piesa se înclină în diferite direcții și apoi se lasă să se usuce în poziție verticală. Surplusul de lac este colectat și curățat cu piele de căprioară sau alt material sugativ, dar care nu lasă scame.

Lacul de protecție este format dintr-un amestec



de bitum, asfalt de Siria și ceară de albine. El se prepară prin dizolvare în benzină și filtrare. Pelicula obținută este continuă, rezistentă la acțiunea acizilor, dar și elastică, pentru a permite obținerea unor contururi destul de nete. Pelicula se usucă într-un interval de 15-20', trasarea trebuind să se facă în cel mult 45 minute de la uscare, întrucât ulterior pelicula devine rigidă și trasajul nu se mai poate face corespunzător.

Pentru uscarea lacului, piesele sînt așezate sub un clopot de sticlă, pentru a împiedica depunerea prafului sau scamelor. Cînd pelicula este bine uscată, dar suficient elastică, se procedează la trasarea pe pantograf. Trasarea se execută tot cu ac de oțel tratat, cu vîrf conic și teșitură, ca în cazul precedent, numai că lățimea teșiturii trebuind să fie mai mică de această dată, ascuțirea acului de trasat este destul de dificilă și se execută manual pe pietre abrazive fine, sau cu dispozitive speciale.

În figura 21.6. sînt reprezentate diferite tipuri de ace de trasat.

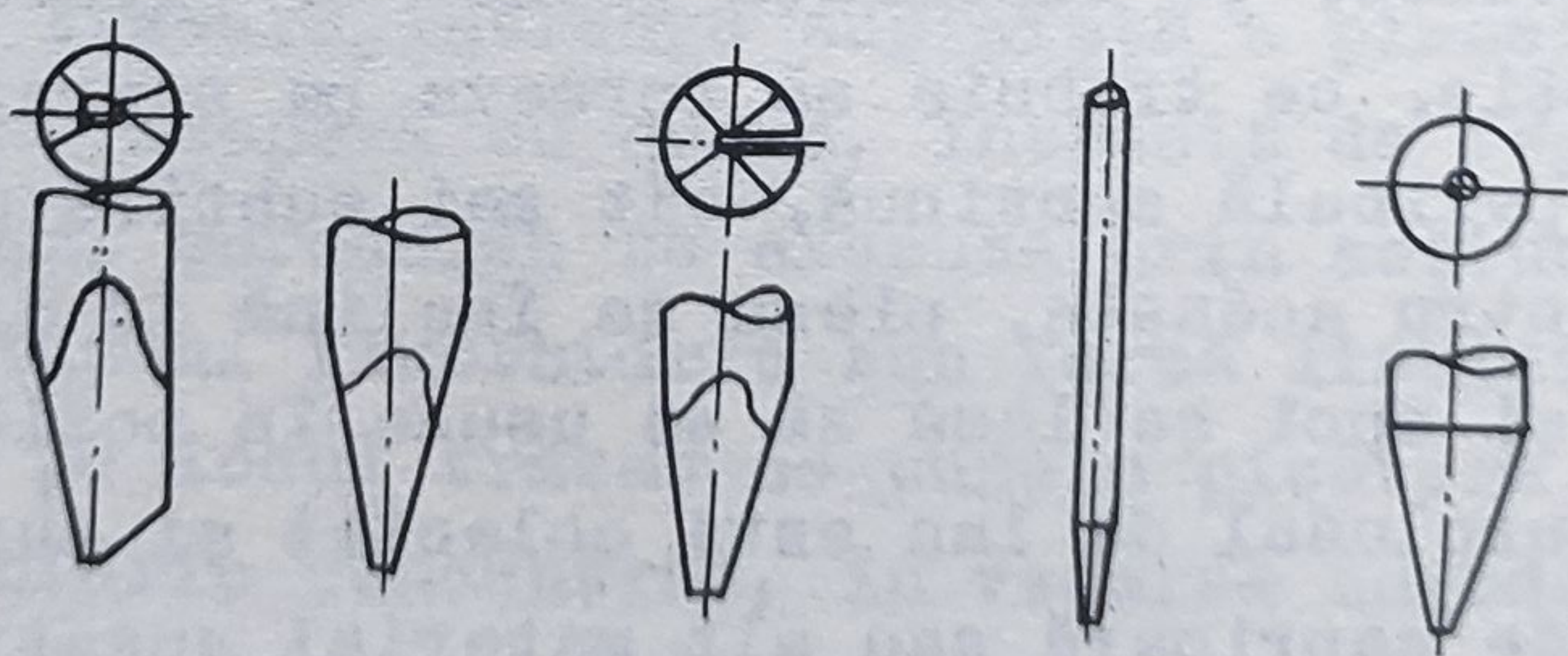


Fig.21.6. Diferite tipuri de ace pentru trasat.



După trasare piesele se corodează chimic. Corodarea nu se mai execută cu acid fluorhidric lichid, ci cu vapori. Într-o baie cu plumb se formează amestecul de corodare din acid fluorhidric 73-75 % și acid sulfuric 25-27 %. Amestecul este menținut la o temperatură constantă de 40-42°C (printr-un sistem de termostatare), la care vaporii degajați sînt foarte activi.

Piesa în montură se expune corodării, așezînd-o cu suprafața trasată deasupra orificiului băii. Timpul de atac se determină de asemenea experimental, funcție de calitatea materialului. Trebuie aci menționat că nu toate tipurile de sticlă se comportă identic la corodare. Trebuie avută în vedere de asemenea, necesitatea ca suprafața corodată să fie mată, pentru a putea reține corect pigmentul ce urmează a se aplica. Din acest punct de vedere, sînt sticle optice care se comportă bine la corodare, rezultînd suprafața mată (Bal F<sub>4</sub>-Schott; BK10-U.R.S.S.) după cum sînt altele care se corodează greu și urma rezultată rămîne lucioasă (BK7-Schott; K8-U.R.S.S.).

De aci necesitatea ca, la stabilirea sortului de sticlă din care urmează a se confecționa reticule, trebuie ținut cont și de acest aspect. Corodarea poate dura 4-45".

După corodărea chimică, suprafața supusă acțiunii vaporilor este indicat a fi neutralizată, prin cufundare într-o soluție ușor alcalină (NaOH-5 %) după care piesa se spală bine într-un jet puternic de apă rece.



Se dizolvă apoi pelicula în benzină, și se degresează piesa cu neofalină și eter.

În cazul în care se indică vopsirea urmelor corodate în diverse culori, se formează o pastă din pigmentul respectiv și silicat de sodiu (sticlă solubilă). Trebuie menționat că îndepărtarea excesului de pastă trebuie făcută rapid, cu o foiță de țigară, pentru a nu afecta acuratețea suprafeței, întrucât pasta se solidifică rapid și granulele formate sînt aderente și dure, desprinderea lor producînd puncte pe suprafața piesei, sau rizuri ce duc la rebutarea pieselor.

Pigmenții folosiți pentru colorare sînt de regulă coloranți anorganici ca :

- oxid de zinc pentru a obține culoarea albă;
- miniu de plumb sau sulfură de mercur - culoare roșie;
- ocru - culoare galbenă;
- oxid de crom - culoare verde;
- oxid de cupru, negru de fum, bioxid de mangan sau grafit pentru a se vopsi gravura în negru.

După vopsire, piesele se curăță cu foiță și se introduc în etuvă 1-2 ore la o temperatură de 90-120°C, pentru întărirea masei colorante.

Pentru obținerea unor gravuri fine, cu grosimea diviziunii de 0,003-0,009 mm, se utilizează același procedeu, cu deosebirea că pelicula este formată din colofoniu dizolvat în eter etilic.

Gravarea prin trasare pe pelicule de colofoniu și corodare decurge identic ca la utilizarea peliculei de lac. Aplicarea peliculei se face prin imersa-



rea piesei în soluția preparată după cum s-a arătat. Timpul de uscare a peliculei este destul de mare (pînă la 48 ore) dar pelicula realizată prezintă plasticitate în timp și ca atare se poate utiliza la gravarea reticulelor la care durata de trasare este ridicată, datorită complexității detaliilor de gravare sau de cifrare.

Atacul se face tot în vapori, ca la metoda precedentă, numai că temperatura băii este ceva mai scăzută ( $23-26^{\circ}\text{C}$ ). Lacul se dizolvă în eter sau neofalină. Vopsirea se face după procedeul amintit.

Pentru executarea reticulelor din sticlă ce nu se comportă corespunzător la corodare chimică, detaliile de gravare pot fi executate în relief.

Gravarea prin trasare în pelicule elastice și depunerea metalică permit obținerea reticulelor de acest tip.

După depunerea peliculei pe piesă și trasare, se face o depunere metalică pe toată suprafața piesei după îndepărtarea peliculei detaliul de gravaj rămînînd în relief, ca în figura 21.7.

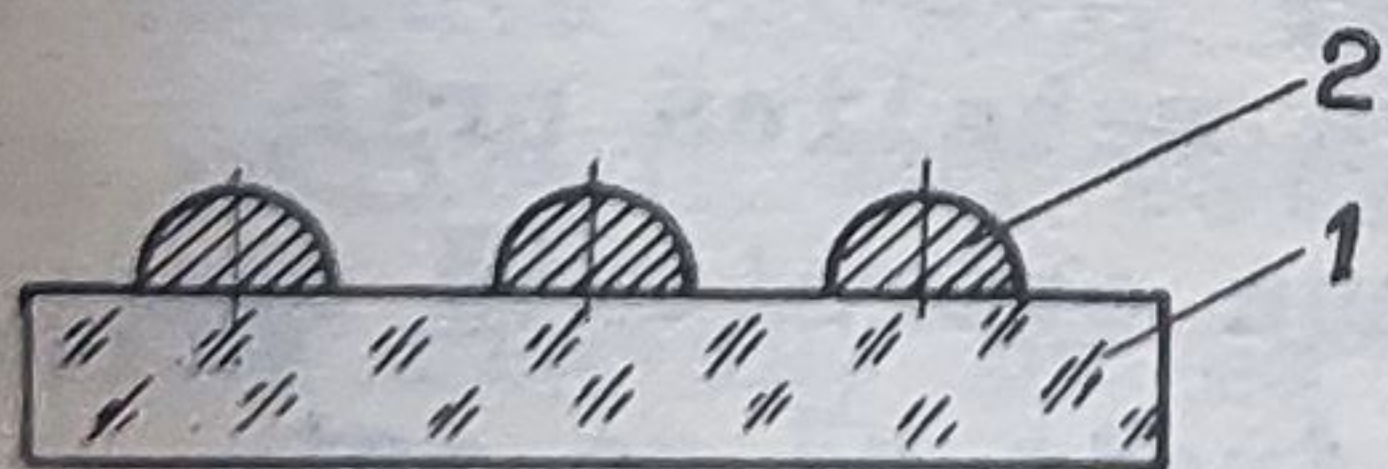


Fig.21.7. Gravare prin trasare și depunere metalică:  
1- lamelă; 2- metal depus.

Pelicula pe care se trasează, este formată din colofoniu, dar mai ales din cupru, întrucît depunerea urmează a se face în vid, iar pelicula de colofoniu poate emite gaze sau vapori, înrăutățind aderența depunerii.



După trasare prin metoda cunoscută, pe suprafața piesei se depune un strat metalic, de regulă crom, întrucât acesta prezintă cea mai mare aderență pe sticlă, după care pelicula este dizolvată folosindu-se dizolvantul corespunzător peliculei utilizate (pentru colofoniu - eter, iar pentru cupru-acid azotic). Pe suprafața piesei rămîne numai metalul depus unde pelicula a fost îndepărtată prin trasare. Procedul permite obținerea unor gravuri foarte precise, cu toleranțe la lățimea diviziunilor de 0,0005 mm.

#### 21.7. Gravarea prin trasare pe pelicule metalice sau din vopsele

Această metodă de confecționare a reticulelor se folosește cînd se urmărește obținerea unei gravuri transparente pe fond netransparent.

Peliculele ce se depun pe suprafața pieselor, pot fi metalice sau formate din lacuri și vopsele.

Metalele cel mai des folosite pentru acoperire sînt cuprul, aluminiul, argintul și mai rar staniul. În orice caz, metalul trebuie să fie suficient de moale, pentru a se putea îndepărta prin trasare.

Trasarea se face pe pantograf, cu ace conice obișnuite, îndepărtîndu-se pelicula metalică prin una sau mai multe treceri. Presiunea exercitată asupra acului, trebuie astfel aleasă încît să se asigure îndepărtarea peliculei, dar să nu se lățească partea de lucru a acului. Particulele metalice îndepărtate sînt periate de pe suprafața piesei cu o pensulă moale.



În cazul în care metalele respective sînt corodate ușor chimic, același efect se obține dacă peste suprafața metalică depusă prin metode fizice sau chimice (argint, cupru) se depune o peliculă de lac, trasarea se face în această peliculă și apoi se corodează cu acid azotic. Pelicula este corodată după trăsaj, gravura rămînînd transparentă, în timp ce restul suprafeței este acoperit cu peliculă metalică și de lac. Lacul se dizolvă apoi normal și piesa se curăță corespunzător.

Pentru a mări rezistența mecanică și stabilitatea chimică a peliculelor metalice, după gravare, se procedează la depunerea unei pelicule protectoare din monoxid de siliciu sau fluorură de magneziu.

Acest tip de reticule prezintă dezavantajul unei suprafețe reflectante, care poate avea efecte neplăcute asupra calității sistemului. În cazul în care este necesar ca suprafața reticulului să fie mată, reticule transparente pe fond netransparent se pot obține prin trasare în pelicule de lacuri sau vopsele.

Pelicula se depune uniform pe piesă prin pulverizare sau imersare în vopsea. După uscare, trasarea se execută normal, însă destul de rapid, atît timp cît pelicula mai este încă elastică. Dacă pelicula devine rigidă, nu se mai pot obține contururi nete și operația trebuie reluată.



## 21.8. Executarea reticulelor prin metode fotografice

Metodele fotografice se aplică de regulă când seria de fabricație este mare, intrucît costurile legate de aplicarea tehnologiei sînt destul de ridicate. Se preferă deci a se executa prin aceste metode reticule de mare precizie, cu detalii transparente, de o deosebită complexitate a detaliilor de gravare. Utilizarea metodei fotografice este însă limitată în ceea ce privește grosimea diviziunilor, de calitatea materialului fotosensibil folosit. Ca atare, nu se recomandă folosirea metodelor fotografice dacă rizurile trebuie să fie cu grosime mai mică de 0,006 mm.

Există mai multe posibilități de realizare a reticulelor prin metode fotografice. Principiul fiind însă similar, tehnologia de execuție va fi prezentată în general.

În primul rînd este necesară executarea unui desen de reticul la o scară cuprinsă între 10 și 400 X. Execuția acestui desen se face pe mașini speciale de desen de precizie ridicată. Este evident că și aici, datorită reducerii detaliilor la scară, ca și în cazul șabloanelor, erorile de execuție ale desenelor sînt micșorate, existînd posibilitatea confecționării unor reticule de precizie.

Desenul astfel realizat, este fotografiat pe placă fotografică, micșorat corespunzător, obținîndu-se un negativ de lucru.



Altă variantă tehnologică, mai complicată dar mai precisă, prevede executarea întâi a unui pozitiv de dimensiuni exacte, cu care se execută apoi negativele de lucru, prin suprapunere (copiere de contact).

Negativele de lucru, care, avantaj al metodei, pot fi confecționate în număr mare, servesc pentru reproducerea pe reticul a detaliilor de gravare, pe suprafața acestuia fiind depusă o peliculă fotosensibilă.

Desigur tehnologia nu este atât de simplă, fiind prezentată aci numai principial.

Pe lângă aparatul de desen, se cere utilizarea unor camere fotografice pentru fotografie de precizie, stăpânirea perfectă a elementelor de lucru, pentru a se realiza claritatea și contrastul necesar, ca și utilizarea unor pelicule fotosensibile corespunzătoare, care trebuie preparate și întinse pe suprafața pieselor.

O cale mai ușoară pentru obținerea unor reticule fotografice este posibilă prin executarea unui desen negativ și fotografiat la mărimea corespunzătoare, pe peliculă fotografică. Se obține astfel direct un pozitiv, care poate fi lipit între lamele protectoare de sticlă. Dificultatea constă în realizarea negativului și centrarea peliculei față de conturul lamelor.

În locul desenului mărit, se poate folosi ca model, chiar o piesă realizată prin metodele cunoscute, ce urmează a fi reprodusă apoi prin metode fotografice.



Procesul tehnologic exemplificat în figura 21.8 constă în :

- depunerea stratului fotosensibil 1 pe sticla plan-paralelă 2 (fig.21.8,a);
- trecerea razelor de lumină prin negativul 3 și atacul stratului fotosensibil, proporțional cu cantitatea de lumină primită (fig.21.8,b). Reperele în relief sînt prezentate în figura 21.8,c.

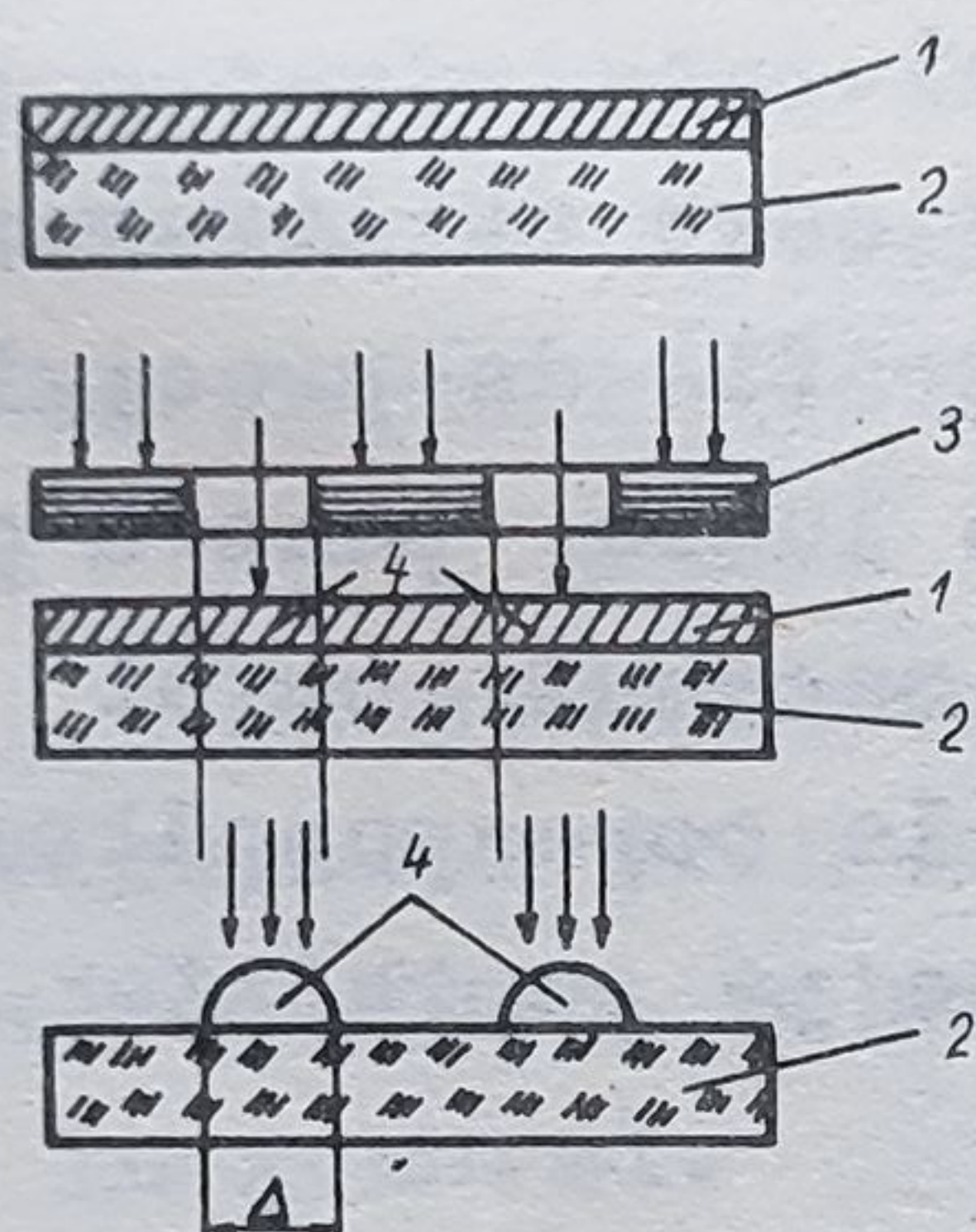


Fig.21.8. Schema procesului tehnologic de obținere a reperelor în relief pe pelicule de crom:

- 1- strat fotosensibil;  
2- reticul; 3- clișeu;  
4- repere în relief.

Reperele în relief îmbunătățesc foarte mult vizibilitatea reticulelor.

Procesul tehnologic de obținere a reperelor săpate prin corodare (fig.21.9) constă în următoarele operații:

- argintarea piesei 3 cu un strat subțire 4;

- depunerea stratului de substanță fotosensibilă 5, sub formă de emulsie, pe stratul de argint 4;

- așezarea sticlei, după uscare, sub pozitivul 6 și iluminarea substanței fotosensibile prin părțile transparente; în felul acesta

liniile întunecate rămân neatacate (fig.21.9,a);

- expunerea reticulului și spălarea în apă caldă (fig.21.9,b);



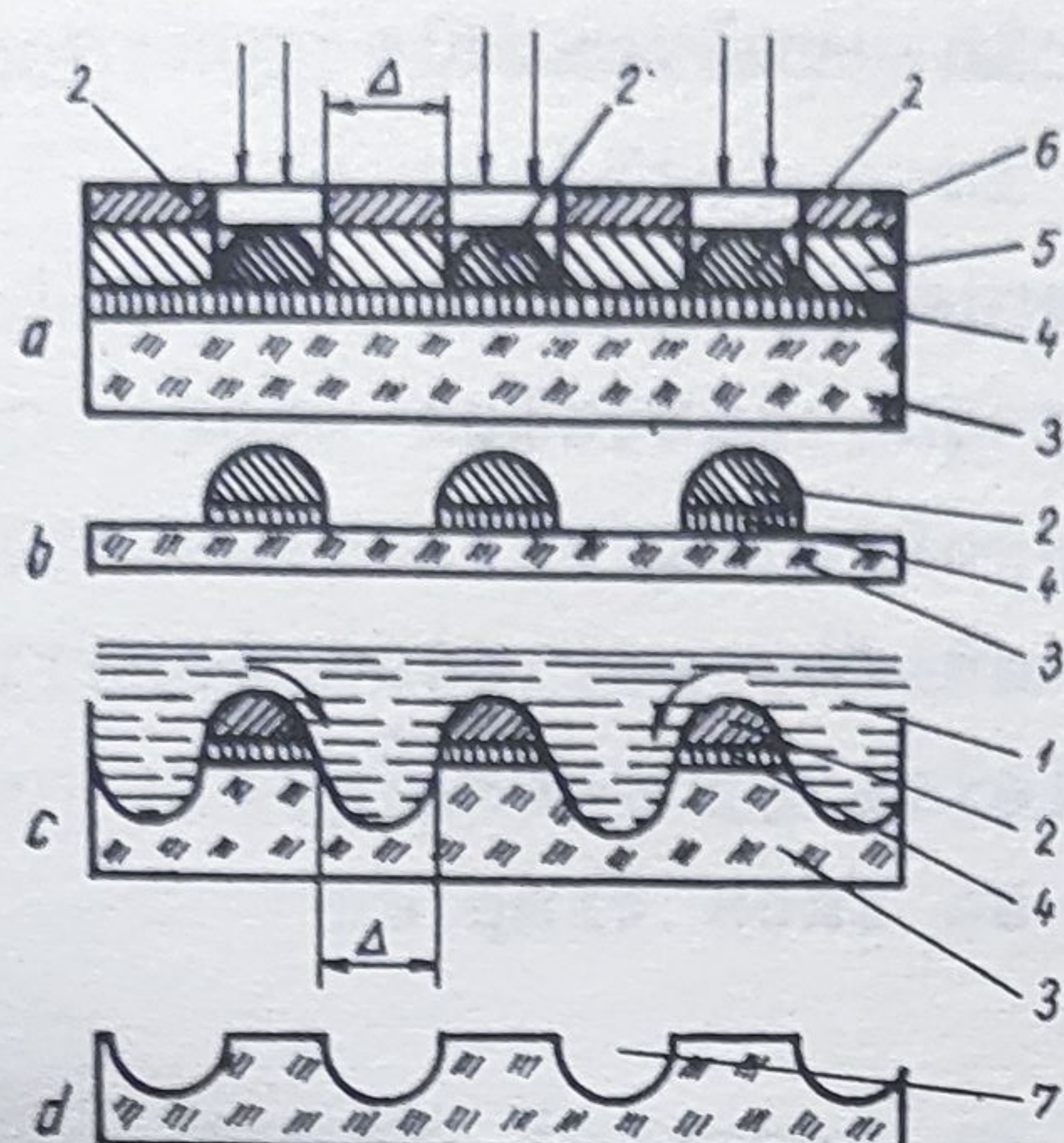


Fig. 21.9. Reticule cu repere corodate, obținute prin metode de fotogravare:

1- substanța corodantă; 2- strat în relief; 3- piesă; 4- strat metalic (argint); 5- emulsie fotosensibilă; 6- clișeu (pozitiv); 7- reper corodat în sticlă.

- atacarea reticulului cu acid fluorhidric 1 (fig. 21.9, c) care, acționând în porțiunile descoperite realizează adânciturile 7 (fig. 21.9, d) pe suprafața sticlei;

- spălarea cu hidroxid alcalin și acid azotic pentru îndepărtarea straturilor 4 și 2;

- umplerea reperelor cu vopsea.

### 21.9. Metode speciale de protecție a reticulelor

Reperele obținute prin una din metodele prezentate mai înainte trebuie protejate. În acest scop acestea se acoperă cu un strat încolor sau cu un geam. Pentru obținerea unor reticule foarte rezistente, care nu mai necesită protecție, se folosește metoda fotoceramică.

Metoda constă în încălzirea reticulelor până la o temperatură la care substanțele ce au servit pentru formarea imaginii se topesc în sticlă și nu mai pot fi îndepărtate decât prin polizare. Procedul



se poate aplica pentru orice reticul obținut prin metode foto, cu repere negre sau colorate.

Procesul tehnologic constă în următoarele operații:

- arderea treptată a substanțelor organice din pelicula fotosensibilă și topirea substanțelor neorganice ce formează reperul în cuptoare electrice; temperatura de încălzire trebuie să fie mai mică decât temperatura de înmuiere a sticlei ( $580-620^{\circ}\text{C}$ ); menținerea la temperatura maximă se face timp de 20-30'';

- vitrifierea substanțelor ce formează reperele cu o peliculă foarte fină de bioxid de siliciu;

- arderea completă a substanței reperelor și răcirea acestora; în funcție de modul de răcire (rapidă sau lentă) se obțin repere mai rugoase sau mai netede și, respectiv, cu luminiscentă mai puternică sau mai slabă.

#### 21.10. Verificarea finală a reticulelor

După cum s-a arătat, de regulă reticulele sînt încadrate în clase superioare de acuratețe. Prin urmare, o primă verificare este aceea privind defectele de suprafață: puncte, rizuri, porțiuni de suprafață atacate de acid etc.

Controlul se execută pe fond negru, prin reflexie și transparență la lumina unei lămpi cu ecran mat.

Se verifică apoi corectitudinea detaliilor



de gravaj, care nu trebuie să prezinte întreruperi, trebuie să aibă contur net și să fie vopsite corespunzător. Observarea se face cu lupa de 6-10 X.

Se verifică apoi precizia de execuție a dimensiunilor liniare și unghiulare: valoarea diviziunii, grosimea rizurilor, perpendicularitatea lor și centrarea gravării față de conturul reticulului. Verificarea se face pe microscopie universale de măsurat cu precizie de  $1\text{ }\mu\text{m}$  la mărimi între 6 și 40 X.



## Capitolul 22

### APLICAREA PELICULELOR PE SUPRAFAȚA PIESELOR OPTICE

#### 22.1. Tipuri de pelicule

Aplicarea peliculelor de diferite tipuri pe suprafața pieselor optice are drept scop obținerea unor proprietăți speciale ale suprafețelor pe care se realizează depunerea, potrivit caracteristicilor pe care piesa optică respectivă trebuie să le posede, determinate de rolul funcțional al acesteia în sistemul optic din care face parte.

Efectele depunerilor de pelicule subțiri pe suprafața pieselor optice pot fi foarte variate, după natura materialului depus, grosimea stratului, rolul peliculei etc.

Peliculele pot fi depuse pe suprafața pieselor prin metode chimice sau fizice și pot fi constituite din elemente metalice sau dielectrice, precum și din diferiți oxizi sau săruri.

Se cunosc mai multe forme de acoperire a suprafețelor optice.

Acoperirea oglină se obține prin aplicarea unei pelicule subțiri netransparente din metal sau dielectric pe fața sau pe spatele suprafețelor optice ale pieselor polisate. Această acoperire se caracterizează prin coeficientul de reflexie  $\rho$ , dat în %.



Acoperirea semitransparentă se realizează prin aplicarea unui strat subțire de metal transparent sau dielectric pe suprafața optică executată. Se caracterizează prin raportul coeficienților de reflexie și transmisie  $\rho/\tau$  pentru o absorbție cunoscută.

Acoperirea pentru mărirea luminozității (anti-reflex) se obține prin depunerea unei pelicule subțiri de substanță dielectrică pe suprafața piesei executate. Se caracterizează prin micșorarea coeficientului de reflexie.

Acoperirea pentru realizarea de filtre neutre cu densitate variabilă și de filtre interferențiale; filtrele neutre se execută prin acoperirea suprafețelor optice cu o peliculă subțire de metal sau metal și dielectric, iar filtrele interferențiale se caracterizează prin lungimea de undă  $\lambda$ , coeficientul de transmisie  $\tau_\lambda$  și lățimea intervalului spectral, măsurată la jumătatea transmisiei maxime  $\sigma_\lambda = 0,5$ . Se realizează prin acoperirea suprafețelor optice cu două straturi metalice, separate între ele cu un strat dielectric neabsorbant.

Acoperirile de protecție a unor straturi depuse pe suprafața sticlei se realizează pe pelicule organice sau neorganice, servind ca strat protector împotriva deteriorărilor, formării depunerilor și a altor defecte. Cerințele generale impuse constau în asigurarea rezistenței chimice și mecanice a straturilor depuse și menținerea proprietăților optice constante.

Acoperirile conducătoare de curent electric se obțin prin depunerea pe suprafața sticlei a unui strat semiconductor de bioxid de staniu și depunerea











pe acesta, prin electroliză, a rodiului sau argintului. Sînt destinate pentru protecția împotriva aburirii și depunerii gheții, prin încălzirea electrică a suprafețelor optice ale pieselor.

Acoperirea de polarizare se realizează folosind aceleași substanțe ca la acoperirile pentru mărirea luminozității. Această acoperire se caracterizează printr-un anumit grad de polarizare a fluxului de lumină, într-un domeniu determinat al spectrului.

Simbolurile convenționale utilizate pentru acoperirea suprafețelor optice sînt prezentate în tabelul 22.1.

Tabelul 22.1

Simbolurile convenționale  
ale acoperirilor suprafețelor optice

Denumirea	Simbolul	Denumirea	Simbolul
Acoperiri oglin- dă netransparen- te, cu strat de reflexie pe față		Acoperiri pentru filtre	
Acoperiri oglin- dă netranspa- rente cu strat de reflexie pe spate		Acoperiri pentru micșorarea difuziei	
Acoperiri oglin- dă semitrans- parente		Acoperiri conducătoare de curent	
Acoperiri pen- tru micșora- rea reflexiei (tratament antireflex)		Acoperiri de polarizare	



Acoperirile suprafețelor optice sînt caracterizate, după cum s-a arătat, de parametrii optici dar și de cei de exploatare: rezistența chimică și mecanică, gradul de solubilitate la agenți atmosferici, solubilitate limitată la apa de mare.

În funcție de rezistența la uzură prin frecare, acoperirile suprafețelor optice se împart în cinci grupe:

0 - foarte rezistente, care permit curățirea în condițiile de lucru cu aparatele în teren;

I - rezistente, care permit curățirea cu solvenți organici;

II - de rezistență medie, care permit curățirea atentă cu vată, lavete speciale și apoi cu pensula pentru îndepărtarea scamelor;

III - puțin rezistente, care nu permit curățirea mecanică;

IV - puțin rezistente din punct de vedere mecanic și chimic, care necesită protejarea prin lipire cu o altă sticlă.

Verificarea rezistenței acoperirii la uzură prin frecare se face cu un aparat care asigură o rotație a piesei cu 500 rot/min, sub o sarcină de 1-3 N.

Cantitativ, rezistența la uzură prin frecare se caracterizează prin numărul de rotații ale piesei pentru care, pe acoperire, se formează zgîrieturi străpunse, observabile prin lupă.

Pentru depunerea peliculelor reflectante, antireflectante sau filtrante, pe suprafața pieselor optice se pot folosi două metode:

- metode chimice, la care formarea stratului are loc ca urmare a unor reacții chimice;



- metode fizice, la care formarea peliculei se produce ca urmare a unor procese fizice: evaporare și condensare sau pulverizare.

Indiferent însă de caracterul depunerii și metoda folosită, aplicarea peliculelor depuse pe sticlă se realizează în patru etape:

- pregătirea suprafețelor în vederea depunerii;
- depunerea peliculei;
- protejarea peliculei depuse;
- verificarea calității depunerii.

Materiale folosite pentru depunere. Pentru depunerea peliculelor pe suprafața pieselor optice, atât prin metodele chimice sau fizice, se folosesc o serie de materiale și anume: metale pure, oxizi metalici și în special oxizi ai unor materiale dielectrice, săruri ale diferiților acizi (sulfuri, cloruri, fluoruri, azotați etc.).

Pentru realizarea peliculelor reflectante, cele mai bune rezultate se obțin folosind straturi de argint (coeficient de reflexie 97%). Aceste straturi se pot realiza fie chimic, pornind de la azotatul de argint  $\text{AgNO}_3$ , fie prin evaporare, folosind argint metalic. Deși are coeficient de reflexie mare, datorită rezistenței mecanice reduse și instabilității, straturile de argint sînt mai puțin utilizate, sau cel mult la realizarea oglinzilor pe fața posterioară a pieselor, unde se poate face o protecție corespunzătoare a stratului. În plus, coeficientul de reflexie al argintului nu este constant pe toată întinderea spectrului, ci scade foarte pronunțat la lungimi mici de undă.

Pentru aceasta, straturile de argint, cel pu-



țin la oglinzile depuse pe fața anterioară, tind să fie înlocuite cu oglinzi realizate prin depunerea prin evaporare a aluminiului. Acesta are un coeficient mai mic de reflexie (94%), dar este mai stabil și mai rezistent la temperatură. În plus coeficientul de reflexie se menține la valoare ridicată în tot domeniul spectral. Rezistența mecanică a straturilor de aluminiu este destul de scăzută. Se pot totuși utiliza straturi de aluminiu la realizarea oglinzilor depuse pe fața anterioară a piesei, dar cu o protecție corespunzătoare, sau la oglinzi la care se cere și durabilitate ridicată, se poate depune aluminiu pe straturi cu aderență mai mare.

Astfel de straturi aderente la suprafața sticlei, se realizează prin depuneri de crom și nichel. Deși au coeficient de reflexie mic (50-60%), aceste metale se utilizează ca depuneri suport pentru straturi cu coeficient de reflexie mare, datorită aderenței ridicate și rezistenței lor mecanice. Deoarece se pot depune, datorită acestor proprietăți, și în straturi foarte subțiri, ele pot fi folosite la realizarea straturilor semitransparente sau chiar a filtrelor neutre, având comportare egală aproape în tot spectrul vizibil (cromul de exemplu).

Dacă straturilor reflectante li se impun condiții medii în ceea ce privește coeficientul de reflexie (65-80%) dar depunerea trebuie să aibă rezistență ridicată și o bună stabilitate termică și chimică, se va folosi platină, rodium sau paladiu. Este cazul instrumentarului medical, ce conține elemente reflectante și trebuie să suporte variații frecvente de temperatură (fierberi repetate), cum



este cazul, spre exemplu, al oglinzilor dentare.

Se vede deci că straturile reflectante se pot obține chimic din azotat de argint, sau din straturi metalice depuse prin evaporare. În categoria straturilor metalice mai trebuie menționate depunerile de cupru, folosite îndeosebi pentru acoperiri de protecție a straturilor depuse anterior.

Straturile antireflectante se pot realiza atât prin metode chimice cât și prin metode fizice. Se pot obține pelicule antireflectante, prin formarea chimică la suprafața piesei a unor straturi de silice ( $\text{SiO}_2$ ) sau prin straturi duble de bioxid de titan și bioxid de siliciu ( $\text{TiO}_2$  și  $\text{SiO}_2$ ).

Prin metode fizice, straturi antireflectante se obțin de regulă prin depunere de fluorură de magneziu ( $\text{MgF}_2$ ). Deși există încă discuții privind comparabilitatea straturilor depuse fizic sau chimic, datorită unei rezistențe mai reduse a peliculelor depuse fizic, la acțiunea uleiurilor în special, compensat însă de alte avantaje, dintre care cel al productivității nu este de neglijat, depunerea peliculelor antireflectante prin metode fizice tinde astăzi să se generalizeze.

Fiind vorba de depuneri ce modifică factorul de reflexie al suprafețelor, trebuie amintite aici și depunerile ce urmăresc ridicarea acestui factor, depuneri ce se realizează cu material având indice mare de refracție (de exemplu: sulfură de zinc).

Acoperirile filtrante se realizează practic numai prin metoda fizică, întrucât prin metode chimice se obțin greu straturi subțiri și nu se pot face măsurători corespunzătoare. Straturile se rea-



lizează de regulă, prin pelicule formate din straturi multiple, alternative. Acoperirile se pot realiza astfel, potrivit scopului, din depuneri alternative de metale și săruri (filtre monocromatice interferențiale sau straturi alternative de săruri și oxizi (oglinzi selective)).

Cele mai folosite materiale pentru acoperiri și procedeele de depunere a acestora sînt date în tabelul 22.2.

Tabelul 22.2

Materiale de acoperire și  
procedee de depunere a acestora

Materialul	Procedeul de depunere	Materialul	Procedeul de depunere
Aluminiu Aur Nichel Paladiu Argint Crom Titan Stronțiu-fluor Magneziu-fluor Trisulfură de stibiu Zinc sulfuros Monoxid de siliciu	Evaporare sau pulverizare în vid	Azotat de argint Azotat de thoriu Ester ortosilicic Ester ortotitanic Amestec de ester ortotitanic și ortosilicic	Depunere din soluție
		Cupru Paladiu Aluminiu fosforos	Electroliză



Tabelul 22 (continuare)

Materialul	Procedeul de depunere	Materialul	Procedeul de depunere
Parafină  Ceară	Depunere în stare topită	Acid azotic Oxid fosforos de amoniu	Tratare cu acizi (corodare)
		Lac de bachelită	Cu pensula sau prin pulverizare

## 22.2. Aplicarea peliculelor prin metode chimice

22.2.1. Aplicarea peliculelor antireflectante. Mărirea transparenței (micșorarea pierderilor prin reflexie) pieselor optice, se poate realiza pe cale chimică, prin utilizarea unor procedee care comportă:

- straturi antireflectante într-un singur strat,
- straturi antireflectante multiple (2 sau 3 straturi).

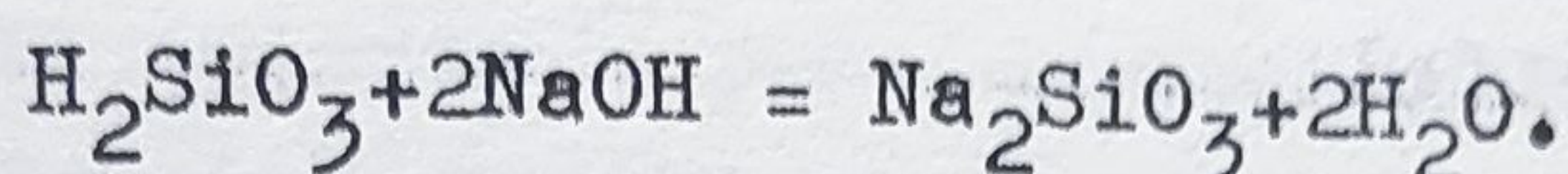
Peliculele antireflectante într-un singur strat se pot realiza chimic prin două procedee.

La sticlele bogate în silicați, se urmărește formarea la suprafața sticlei a unei pelicule de silice ( $\text{SiO}_2$ ), prin corodarea însăși a sticlei de bază.

Película se realizează prin îndepărtarea din stratul superficial a oxizilor metalici, sub acțiunea unor acizi slabi. Pe suprafața sticlei, datorită



tă acțiunii apei, ca urmare a hidrolizei silicaților, se formează o peliculă coloidală de silice. Pelicula coloidală este însă foarte subțire fiind distrusă de bazele care de asemenea apar și intră în reacție cu acidul silicic, dând silicatul de sodiu, care este solubil în apă, potrivit reacției:



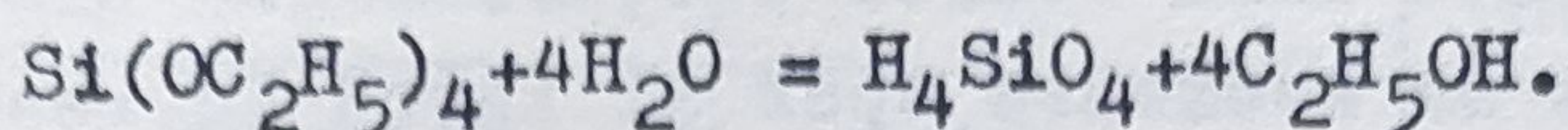
Pentru formarea pe suprafața sticlei a unei pelicule de acid silicic de grosimea necesară ( $d = \frac{\lambda}{4}$ ), este necesar să se neutralizeze acțiunea bazelor prin adăugarea de acizi. Cel mai utilizat, pentru aceasta, este acidul acetic, soluție 0,5%, deși are o acțiune mai lentă decât acizii puternici ( $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{NO}_3$ ) dar este mai puțin vătămător.

Această metodă, mai veche, prezintă dezavantajul imposibilității aplicării ei la sticlele ce nu conțin silicați. Efectul de mărire a transparenței, obținut astfel este destul de mic, factorul de reflexie la piese tratate astfel fiind cuprins între 2,7 și 3,1%. Durata operației, în special la sticlele stabile chimic, crește considerabil. Ca atare, această metodă nu mai este astăzi practic utilizată.

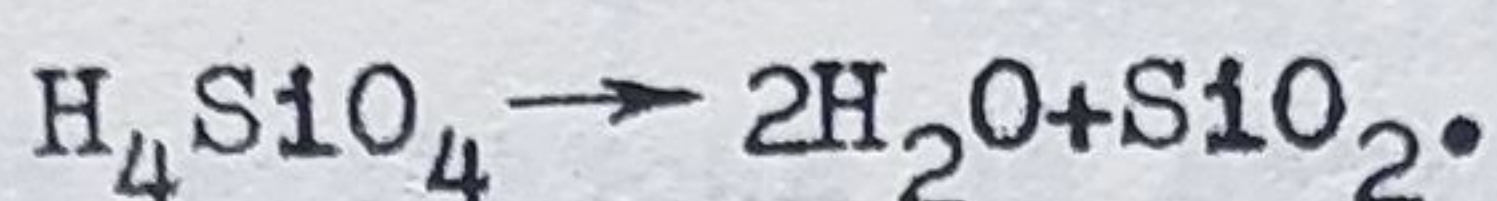
Rezultate mai bune se obțin, în cadrul utilizării tot a unei singure pelicule de  $\text{SiO}_2$ , prin aplicarea metodei bazate pe hidroliza eterului etilo-silicic. Stratul de siliciu, ce se depune pe piesă, se formează din acidul silicic obținut prin hidroliza eterului etilo-silicic ( $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$ ) al acidului orto-silicic  $\text{H}_4\text{SiO}_4$ . La depunerea eterului etilo-silicic pe suprafața piesei, se produce o hidroliză, datorită



aerului umed, cu obținerea acidului orto-silicio și a alcoolului etilic, după reacția:



După volatilizarea alcoolului etilic, se produce deshidratarea acidului ortosilicio, obținându-se pelicula de silice astfel:



Tehnologie, condiția principală este obținerea uniformă a stratului depus. Pentru aceasta se utilizează centrifugarea picăturilor depuse la viteze mari. Operația se execută prin pipetarea soluției pe centrul piesei, fixate într-o pensetă, ce se rotește cu o turație ridicată (3000-12000 rot/min, fig.22.1)

Înainte de aplicarea soluției însă este necesară efectuarea unei operații de degresare și curățire perfectă a suprafeței piesei, cu alcool. Este bine ca tratamentul să fie aplicat pieselor la scurt timp după polisare, întrucât, în cazul sticlelor instabile, în special, prelungirea intervalului duce la apariția oxizilor și petelor

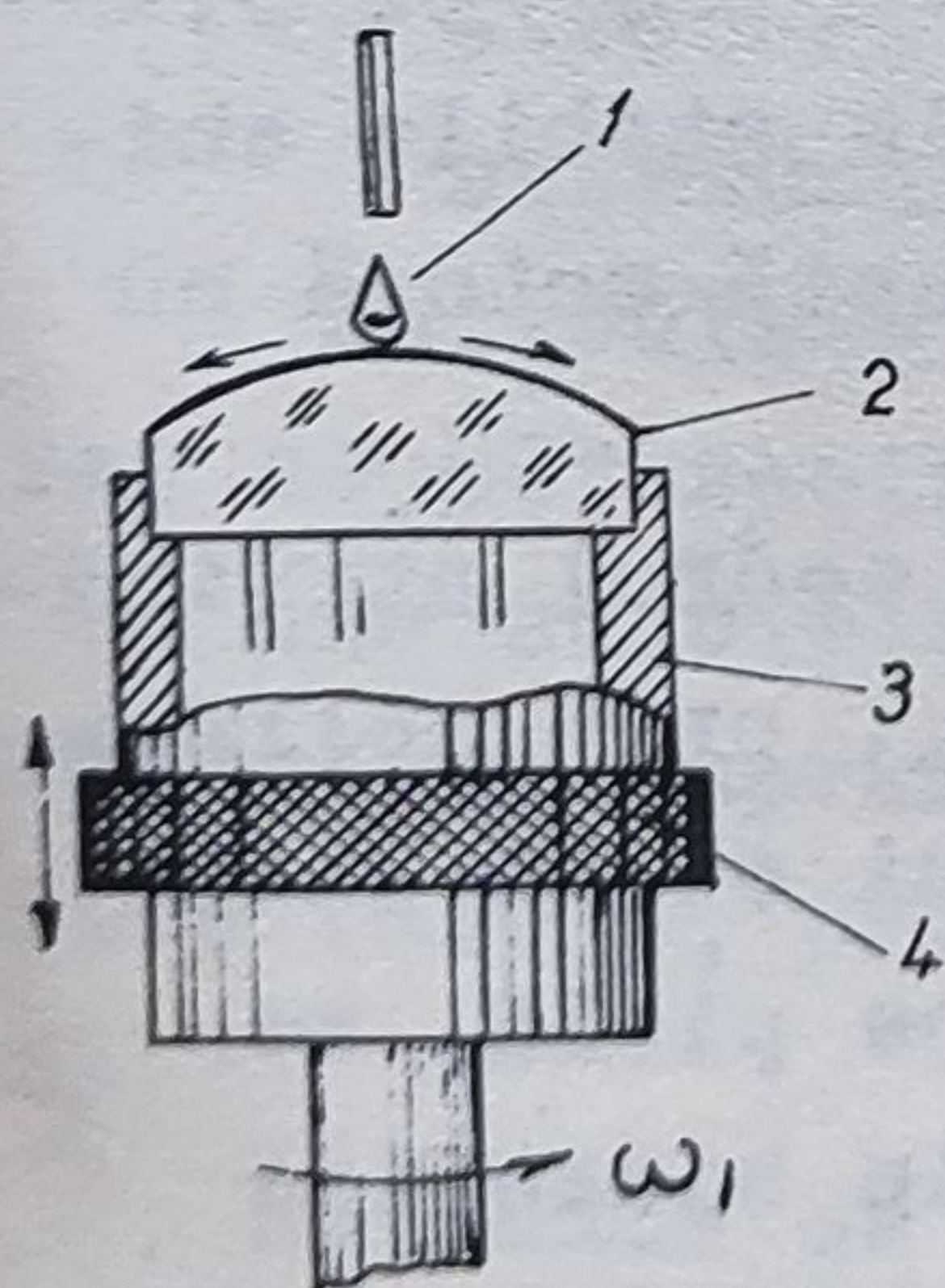


Fig.22.1. Executarea tratamentului termic al lentilelor:  
1- picătură; 2- lentilă; 3- pensetă; 4- inel de fixare.



pe suprafața piesei, fiind necesară introducerea unei operații suplimentare de polisare superficială (împrospătare) pentru eliminarea defectelor.

Operația trebuie executată într-un mediu curat deoarece depunerea prafului pe suprafața piesei duce la apariția punctelor sau petelor, prin aglomerarea soluției în jurul particulelor de praf sau prin necoperirea cu soluție a porțiunilor cu praf. În cazul apariției defectelor, stratul format trebuie îndepărtat rapid prin frecare cu vată înmuiată în alcool, până ce stratul nu capătă rezistență. Piese bune se depozitează sub clopot, pentru a le feri de praf. După tratarea unei fețe, pentru mărirea rezistenței, este bine ca piesele să fie introduse 2-4 ore într-un cuptor, la temperatura de 40-50°C. După aceasta, operația se reia identic, pentru tratarea celei de a doua fețe.

În final, durificarea stratului se face la o temperatură mai ridicată. Piesele singulare se introduc în cuptor la o temperatură de 100°C, iar piesele lipite cu balsam, la o temperatură mai scăzută cu 10-15°C, decât punctul de înmuiere al categoriei de balsam utilizată.

Mașina este bine să fie prevăzută cu posibilități de variație continuă a turației sau în trepte mici, pentru a se putea stabili regimul de viteză corespunzător cu diametrul pieselor de tratat.

Picătura de soluție trebuie pipetată exact pe centrul piesei, întrucât în caz contrar, în zona centrală va rămîne o porțiune circulară netratată. Este necesar ca, pentru tratarea pieselor de diferite diametre, să existe pipete de diferite dimen-



siuni. O picătură prea mică, nu poate permite acoperirea întregii suprafețe, partea marginală rămânând netratată, iar o picătură prea mare duce la exces de soluție ce se prelinge pe contur, pătează suprafața posterioară, ce nu mai poate fi curățată după durificare.

Prin această metodă, se obține o reducere a factorului de reflexie pînă la 1-1,1%, pelicula fiind rezistentă mecanic și stabilă chimic.

Dezavantajul metodei constă în dificultatea obținerii grosimii uniforme la piese cu formă neregulată (prisme, lame plane). Ele se pot trata totuși, utilizîndu-se dispozitive speciale de prindere. De asemenea, prin această metodă se pot trata numai piese cu diametrul pînă la 150-200 mm, existînd pericolul desprinderii.

Peliclele antireflectante cu două straturi de indici de refracție diferiți obțin o reducere substanțială a factorului de reflexie (0,8-1,1%), Prin urmare ele tind să capete caracter general, înlocuind celelalte metode.

Diferența de drum realizată de cele două pelicle trebuie să fie  $\frac{\lambda}{2}$  și este asigurată prin alegerea corectă a grosimilor peliculelor și a indicilor de refracție ai acestora. Se procedează întîi la depunerea stratului cu indice de refracție ridicat ( $n_D = 1,8-2,2$ ) și apoi se depune stratul cu indice de refracție scăzut ( $n_D = 1,44$ ). Straturile sînt formate, de regulă, din.bioxid de titan  $TiO_2$ , și bioxid de siliciu  $SiO_2$ , ca în figura 22.3.

Reacțiile ce determină formarea straturilor de  $TiO_2$  și  $SiO_2$  sînt identice cu cele arătate ante-



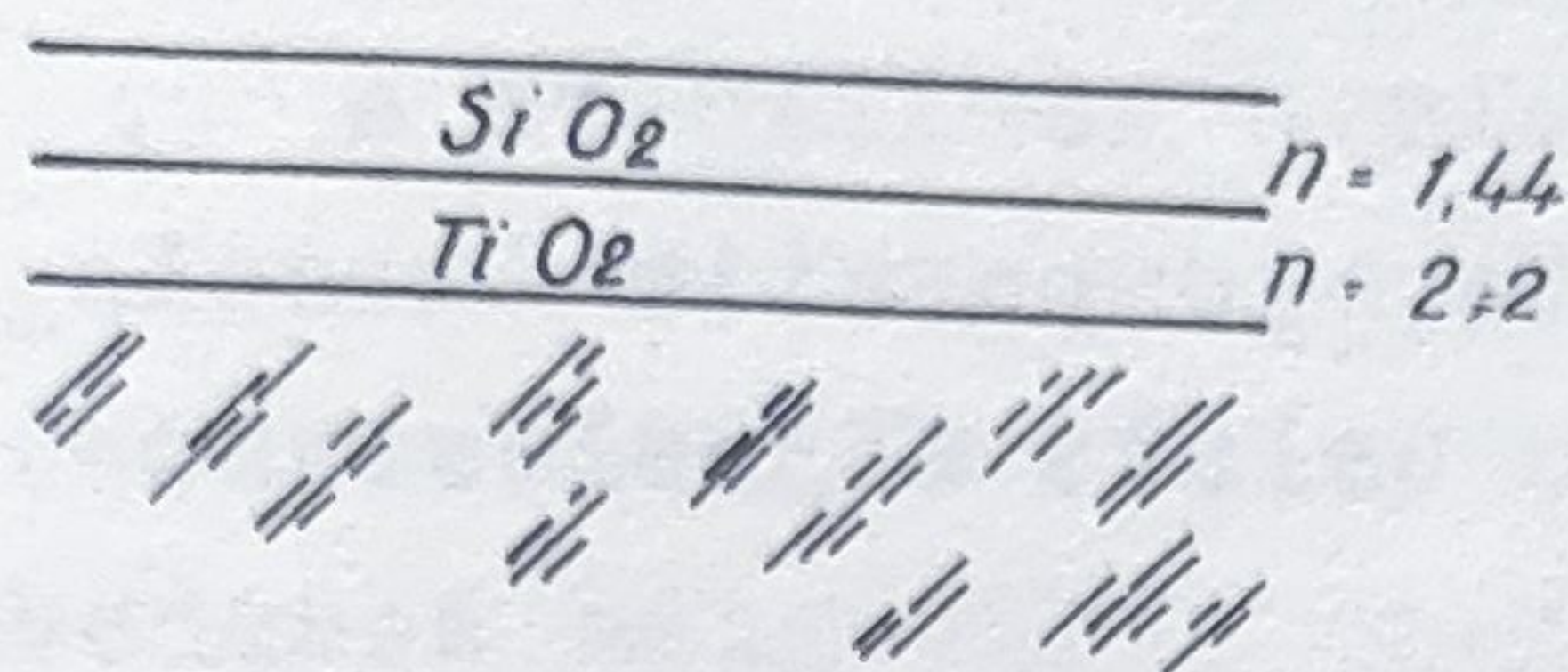


Fig.22.2. Succesiunea peliculelor cu două straturi depuse chimic.

rior. Se utilizează pentru depunere de bioxid de titan o soluție de eter etilic și acid ortotitanic  $\text{Ti}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$  în alcool etilic.

Tehnologia de lucru este identică cu cea utilizată la tratarea chimică a pieselor cu un singur

strat. Aprecierea realizării corecte a grosimilor se face după culoarea obținută, potrivit unor etaloane limită. În general se consideră că piesa este corect tratată, dacă după recoacere se obține o nuanță violacee. Trebuie însă atrasă atenția că, pentru cele două soluții, trebuie folosite pipete diferite, nefiind permisă amestecarea acestora. De asemenea, se recomandă ca soluțiile să se prepare pe măsura utilizării, întrucât ele se degradează în timp, gelificându-se. Pentru intervale scurte de timp, soluțiile trebuie păstrate la rece.

Întrucât umiditatea excesivă dăunează în general aplicării unei tehnologii corecte și obținerii unor straturi corespunzătoare, este bine ca operația de tratament chimic să se efectueze în încăperi, în care umiditatea relativă nu depășește 65-70%. Mai recent, s-a realizat tratamentul chimic al pieselor optice, cu pelicule formate din trei straturi, obținându-se o reducere a factorului de reflexie până la 0,5-06%.

Verificarea pieselor tratate chimic se face vizual, în ceea ce privește obținerea culorii, potri-



vit etaloanelor stabilite. Periodic, pentru controlul obținerii efectului dorit de micșorare a pierderilor prin reflexie se poate proceda la o verificare a transmisiei unor piese netratate, comparativ cu cele tratate, cu aparate speciale cu celulă fotoelectrică și amplificator.

Se verifică, de asemenea, acuratețea stratului depus, sub aspectul punctelor, petelor, uniformității grosimii stratului etc., care în orice caz nu trebuie să excludă piesa respectivă din clasa de acuratețe obținută după polisare.

Rezistența mecanică a stratului se verifică la frecare cu un material aderent (cauciuc) sub o anumită sarcină, verificare ce se poate executa chiar pe mașina de lucru, măsurându-se timpul, la un regim dat, pînă la distrugerea peliculei.

22.2.2. Aplicarea peliculelor reflectante. După cum s-a arătat anterior, straturile de argint depuse chimic se utilizează astăzi aproape exclusiv pentru realizarea oglinzilor cu strat reflectant depus pe fața posterioară a piesei, datorită instabilității stratului și rezistenței mecanice scăzute. Pentru realizarea straturilor de argint pe cale chimică, există mai multe posibilități. Dintre acestea cel mai răspîndit este procedeul de obținere a argintului din soluții amoniacale ale unor săruri ale sale, cu ajutorul unor soluții organice de tipul glucozei.

Depunerea pe cale chimică a straturilor de argint comportă parcurgerea mai multor etape și anume:

- pregătirea pieselor în vederea argintării;
- pregătirea soluțiilor pentru argintare;



- argintare propriu-zisă;
- protejarea stratului depus.

Pregătirea suprafețelor pieselor înainte de argintare este necesară pentru a asigura îndepărtarea tuturor urmelor de grăsime, petelor, oxizilor etc., în vederea asigurării obținerii unor pelicule continue și aderente.

Etapa de pregătire necesită tratarea pieselor cu diferiți reactivi chimici. La început piesele sînt introduse în acid azotic concentrat, timp de 5-10 minute, după care se spală bine în apă distilată încălzită la 15-20° și se introduc apoi într-o baie alcalină (KOH sau NaOH). Piese se spală apoi din nou în apă distilată încălzită și se verifică îndepărtarea tuturor urmelor. Dacă totuși nu se obține o suprafață curată, în sensul persistenței oxizilor și petelor, este necesară o repolisare superficială (împerspătare) pe mașină, fără a se afecta precizia de realizare a suprafeței. Înlocuirea acesteia cu o împerspătare, prin frecarea manuală a suprafeței cu o pîslă și oxid de polizare nu este corectă, întrucît poate duce la deformarea suprafeței.

După obținerea unei suprafețe curate, piesele se introduc într-o soluție slabă de biclorură de staniu ( $\text{Sn Cl}_2$ ). Aceasta se face pentru a ușura procesul de depunere a argintului, întrucît prin hidroliză se obține la suprafața piesei hidratul de staniu în stare coloidală, care ajută la fixarea particulelor de argint. După tratarea cu soluție de biclorură de staniu, piesele se spală bine cu apă curentă și se pun în baia de argintare, acoperite în apă distilată. Curățirea suprafețelor se mai poate face cu ajutorul



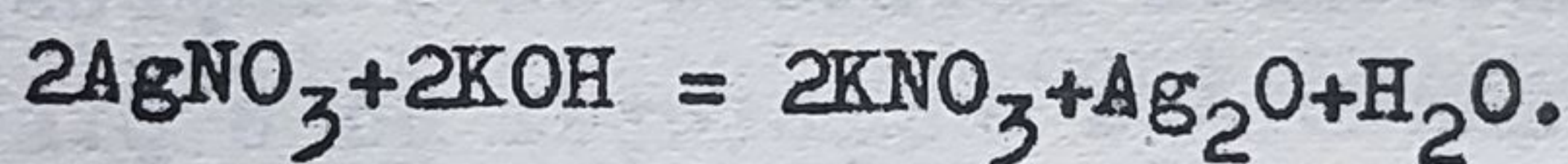
unui oxidant puternic (amestec de bicromat de potasiu și acid sulfuric, utilizat în cazuri speciale, dar care trebuie manipulat cu atenție, fiind toxic).

Prepararea soluțiilor constă în pregătirea a două soluții, după cum s-a arătat, cu ajutorul cărora să se poată pune în libertate argintul dintr-o sare a sa (de regulă azotatul de argint  $\text{AgNO}_3$ ).

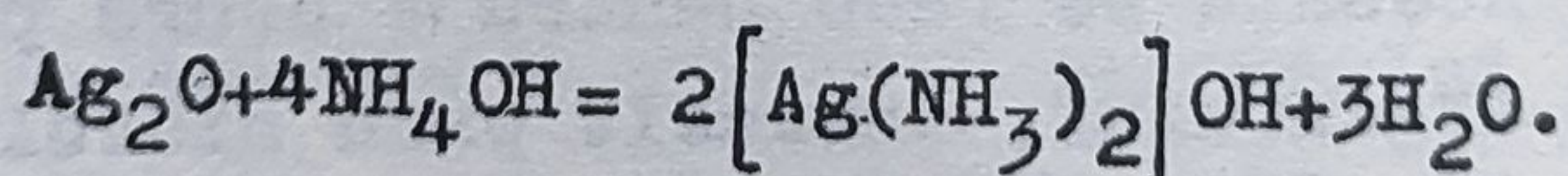
Se urmărește la început obținerea soluției alcaline de argint amoniacal  $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2\text{OH}$ , din care cu o soluție reducătoare să se obțină argint liber.

Soluția alcalină de argint amoniacal se obține din combinarea a trei soluții preparate separat: soluția 1,5% de azotat de argint; soluție 25% de amoniac și soluție 1,5% hidroxid de potasiu.

La început, din soluțiile de azotat de argint și hidroxid de potasiu, se obține o depunere albă de hidrat de argint, care se descompune rapid, obținându-se oxid anhidru de argint, potrivit reacției:



Depunerea de oxid de argint se dizolvă prin adăugarea treptată a soluției de amoniac, rezultând soluția alcalină de argint amoniacal, în urma reacției:



Din această soluție, cu ajutorul unei soluții reducătoare, urmează a se depune argintul pe suprafața pieselor respective. Soluția reducătoare se prepară prin dizolvarea a 100-125 g zahăr la litrul de apă și fierbere timp de 10-15 minute. În soluție se adaugă 10 cm<sup>3</sup>



soluție 10% de acid sulfuric. După răcire, soluția re-ducătoare se diluează de 10 ori. Astfel preparate, soluțiile sînt pregătite pentru argintare. Prepararea soluțiilor se face în timpul pregătirii pieselor. Nu se recomandă prepararea unor cantități mai mari și în orice caz, nu se utilizează soluții pregătite în ziua precedentă.

Argintarea pieselor reprezintă etapa depunerii efective a stratului de argint pe suprafața pieselor. Operația se execută în băi de sticlă sau băi metalice acoperite cu materiale care să asigure pierderi minime de argint (pereți acoperiți cu bitum sau cauciuc).

Cele două soluții preparate anterior (soluția amoniacală și reducătorul diluat) se amestecă, la două părți de soluție alcalină amoniacală de argint adăugîndu-se o parte soluție reducătoare diluată. Această soluție se toarnă peste piesele aflate în baia de argintare, după ce în prealabil se îndepărtase apa distilată ce acoperea piesele în așteptare.

Soluția este agitată în permanență, cu ajutorul unei vate umede, pentru a împiedica depunerea nămolului pe piese. După limpezirea completă a soluției, semn că tot argintul a fost pus în libertate, reziduurile se îndepărtează și piesele se spală cu apă distilată. Întrucît stratul obținut la o singură baie este mult prea subțire, operația se repetă de 3-4 ori, în vederea realizării unei pelicule de grosime corespunzătoare. După terminarea argintării, piesele se spală final cu apă distilată și se usucă într-un jet de aer curat uscat.

În timpul argintării, deoarece depunerea se face pe fețele libere ale pieselor, este bine ca supra-



fețele care nu trebuie argintate să fie ecranate, fie prin utilizarea unor plăci de sticlă sau cauciuc, dar mai ales printr-o așezare corectă a pieselor în baie. Această măsură ușurează operațiile ulterioare de curățire a suprafețelor pe care s-a depus argint, fără a fi necesar.

Peliculele de argint depuse chimic, fiind instabile și cu rezistență mecanică redusă, este necesar să fie protejate, indiferent dacă depunerea se face pe partea anterioară sau posterioară a piesei.

Protecția straturilor depuse se poate face pe mai multe căi. Dacă totuși oglinda este depusă pe partea anterioară a piesei, protecția trebuie realizată cu un material transparent. Aceasta se face cu ajutorul unui strat subțire ( $3-4\mu\text{m}$ ) de lac incolor. Un strat mai gros duce la pierderi excesive de flux.

Oglinzile depuse pe suprafața posterioară a pieselor se pot proteja mult mai eficient, întrucât materialele pot fi netransparente.

De regulă, ca prim strat protector, în acest caz, se aplică o peliculă de cupru, depusă electro-litic. O baie de cuprare este prezentată în figura 22.3.

Capacitatea băii este de 30-50 l. Depunerea de cupru se face utilizându-se sulfat de cupru ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) în soluție 10-20%.

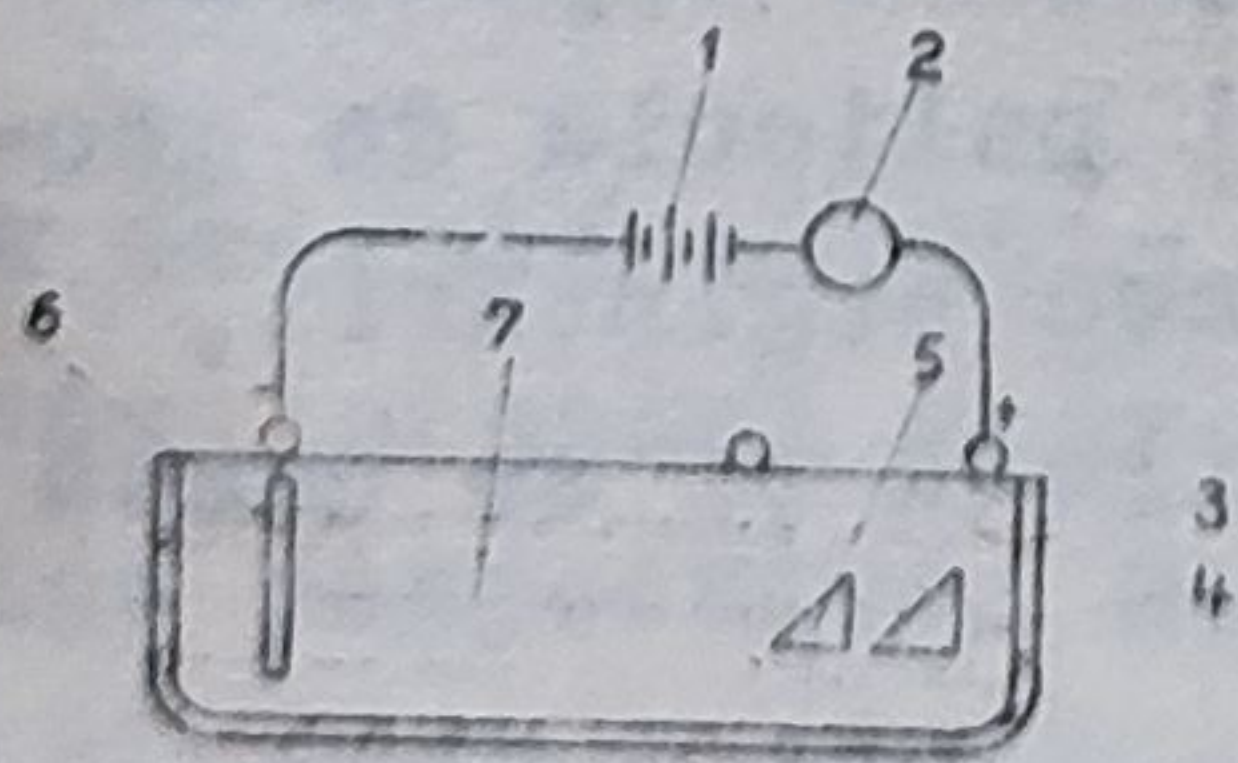


Fig.22.3. Baie de cuprare pentru protejarea straturilor de argint:

1- sursă; 2- ampermetru; 3- baie; 4- coș din plasă de sîrmă; 5- piese; 6- electrod de cupru; 7- soluție de sulfat de cupru



În baie se adaugă și 1% acid sulfuric. Piese­le sînt fixate în niște dispozitive de prindere care tre­buie să realizeze contactul cu stratul de argint. De­punerea se face în curent continuu, utilizîndu-se și un redresor, la o tensiune de 5 V și 2-4 A. După cu­prare, piesele se spală în apă distilată și se usucă rapid, într-un curent de aer cald. Întrucît stratul de cupru nu este continuu și este sensibil la acțiu­nea agenților chimici, peste stratul de cupru se fac, de obicei, acoperiri cu pelicule protectoare din di­ferite lacuri. În cazuri normale, se poate face aco­perirea de protecție cu lacuri de bachelită în care se poate pune și praf de aluminiu sau mică, pentru efect decorativ. Se pot folosi de asemenea și lacuri nitro (nitroemail, duco). În cazul în care oglinzile urmea­ză să suporte temperaturi ridicate, protecția se va realiza cu lacuri termorezistente (emailuri siliconi­ce). În acest caz, după aplicarea stratului de lac, oglinzile se introduc în cuptor 30 minute la tempera­tura de 170-180°C.

După realizarea protecției cu straturi de cu­pru și lac, este necesară curățirea suprafeței acti­ve de depuneri de argint sau cupru. Aceasta se face cu ajutorul unei baghete de lemn sau sticlă, utili­zînd acid azotic. După curățire, spălare și uscare, piesele se pot prezenta pentru livrare.

Deși sînt cazuri extrem de rare, dacă se urmă­rește obținerea straturilor semitransparente de ar­gint, acestea nu pot rezista decît dacă sînt straturi depuse pe piese ce urmează a se lipi pe suprafața ar­gintată, sau dacă nu, trebuie protejate prin lipire cu lamele subțiri din sticlă.



### 22.3. Aplicarea peliculelor prin metode fizice

Metodele fizice, cu ajutorul cărora se pot realiza depuneri de pelicule pe suprafața pieselor optice sînt, după cum s-a arătat, bazate pe:

- evaporarea și condensarea în vid a materialelor de depus;
- pulverizarea catodică.

Prin aceste metode se pot obține toate tipurile de pelicule amintite, cu unul sau mai multe straturi, din materiale metalice și dielectrice.

Ele prezintă și avantajul posibilității de măsurare a straturilor în timpul depunerii, ceea ce garantează obținerea proprietăților dorite ale peliculei.

În ultima perioadă, datorită progreselor înregistrate, tinde să se generalizeze depunerea peliculelor prin evaporare și condensare în vid. Metoda se aplică astăzi nu numai la acoperirea pieselor optice, ci și pentru mase plastice, realizarea circuitelor imprimate și semiconductoarelor în electronică etc.

Principiul fizic pe care se bazează construcția instalațiilor de depunere în vid este evaporarea diferitelor substanțe într-un spațiu limitat, în care cu ajutorul unei instalații de evacuare a aerului, se realizează vid înalt, de așa natură încît particulele de material evaporat să capete practic traiectorii rectilinii (rarefierea este astfel realizată, încît probabilitatea ca particulele de material evaporat să întâlnească alte particule și să-și modifice traiectoria, este foarte mică).



Instalații de evaporare în vid înalt. În ultima perioadă, dezvoltarea rapidă a tehnicii vidului înalt a permis realizarea unor instalații moderne, al căror ciclu de evaporare se desfășoară semiautomat sau chiar automat. În cele ce urmează, se va prezenta construcția și funcționarea unei instalații cu ciclu semiautomat. Introducerea automatizării prin comenzi electronice permite asigurarea instalației atât împotriva suprasarcinilor, cât și împotriva manipulărilor greșite. O instalație pentru realizarea depunerilor în vid se compune în principal din:

- sistemul de pompare, cu ventilele respective;
- recipientul, cu sursele de evaporare și anexe necesare;
- sisteme de comandă, măsurare și control.

Instalația are sistemul de pompare și de ventile complet închis într-o construcție metalică. Recipientul se află așezat pe placa superioară a instalației și poate fi coborât sau ridicat printr-un sistem mecanic sau hidraulic.

Schema de principiu a instalației este dată în figura 22.4.

Evacuarea preliminară a aerului din recipient se realizează cu ajutorul unei pompe de vid preliminar 1, cu o capacitate de absorbție de 25-35 m<sup>3</sup>/h. Ea este o pompă rotativă cu palete, în două trepte. Absorbția realizată de pompa de vid preliminar, ce începe de la presiunea normală (760 torr), poate atinge un vid de  $7 \times 10^{-3}$  torr.

Vidul înalt se obține prin cuplarea unei a doua pompe, pompa de difuzie 2, care funcționează pe principiul evaporării și condensării unui ulei spe-



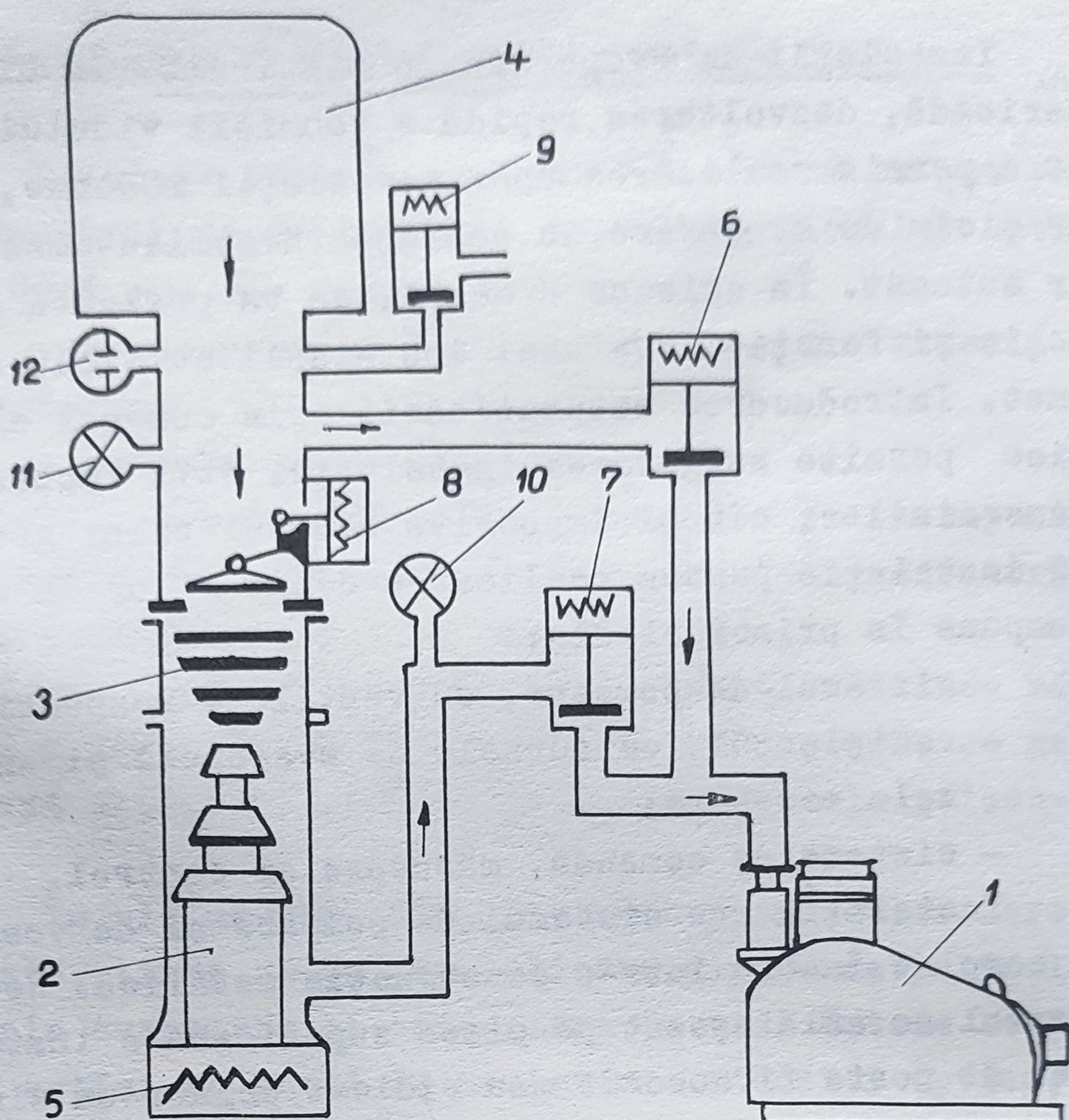


Fig.22.4. Schema de principiu a unei instalații de depunere în vid:  
 1- pompă preliminară; 2- pompă de vid înalt; 3- capcană; 4- recipient; 5- rezistență; 6, 7, 8- ventile electromagnetice; 9- ventil de aerisire; 10- celulă de vid preliminar; 11- celulă de vid înalt; 12- celulă pentru măsurarea vidului în recipient.

cial și are o capacitate de 900-1800 l/s, la o presiune de ordinul a  $1 \times 10^{-4}$  torr. Pentru mărirea eficacității pompei și pentru a împiedica pătrunderea vaporilor de ulei în recipient, ceea ce ar micșora aderența straturilor, deasupra pompei de difuzie s-a montat o



sapeană 3 răcită cu apă sau azot lichid. Uleiul folosit pentru pompa de difuzie este un ulei siliconic de vîscozitate medie, care suportă încălziri pînă la  $150^{\circ}\text{C}$ , fără să se descompună, iar vaporii respectivi pot fi ușor condensați la  $40^{\circ}\text{C}$ , antrenînd și particulele materiale ce mai există în recipientul 4.

Vidul total obținut cu ajutorul acestor două pompe este destul de ridicat (sub  $1 \times 10^{-6}$  torr) suficient pentru acoperirea pieselor optice (pentru scopuri speciale s-au construit instalații de vid ultraînalt, care pot realiza  $1 \cdot 10^{-9}$  -  $1 \cdot 10^{-10}$  torr). Încălzirea uleiului se face cu rezistența 5. Exteriorul pompei este răcit cu apă. În lipsa apei, rezistența este scoasă automat din circuit, evitîndu-se astfel arderea uleiului sau pătrunderea lui în recipient.

Pentru reducerea timpului de pompare, instalația este prevăzută cu două căi de evacuare a aerului. Cît timp se realizează vid preliminar, pompa de vid înalt funcționează în gol, ventilele 6 și 7 fiind închise, iar ventilul 8 deschis. La obținerea unui nivel de vid de ordinul a  $10^{-2}$  torr se închide ventilul 8, respectiv se deschid ventilele 6 și 7, aerul parcurgînd a doua cale de evacuare, prin pompa de vid înalt. Ventilele sînt electropneumatice, comenzile fiind electrice, iar acționarea pneumatică, folosindu-se aer comprimat de la un compresor sau de la o rețea. În cazul lipsei curentului electric sau aerului comprimat, instalația se blochează, prin închiderea automată a tuturor ventilelor, sub acțiunea resortelor respective. Pentru introducerea aerului în recipient, după efectuarea evaporării, se utilizează ventilul 9. În schemă se vede de asemenea locul de



amplasare a celulelor pentru măsurarea vidului preliminar 10, a vidului înalt 11 și a nivelului de vid din recipient 12.

Construcția și echiparea recipientului este reprezentată schematic în figura 22.5.

Recipientul este construit din oțel inoxidabil, cu pereți dubli, între care poate circula apă caldă sau rece. El este sprijinit pe o placă metalică perfect șlefuită și etanșat cu garnituri speciale. Diametrul recipientului variază, după tipul și destinația instalației, fiind de 350, 500 sau 700 mm.

În recipient se petrece evaporarea substanțelor respective când vidul atinge nivelul necesar. Pentru aceasta, în interiorul recipientului sînt amplasate diferite accesorii, necesare în timpul procesului de evaporare.

Pieseile sînt așezate pe caruselul 1, ce se rotește în timpul evaporării, pentru obținerea unui strat uniform, fiind antrenat din exterior prin ro-  
le de un motor 2 fixat sub placa instalației.

Pe placa instalației se află mai multe (3-4) surse de evaporare 3, alimentate cu curent de înaltă tensiune (3000-5000 V).

Pentru a împiedica depunerea prematură a materialului de evaporat pe piese, ca și pentru a realiza oprirea acestora la terminarea evaporării, deasupra sursei se află o paletă protectoare 4, comandată din exterior manual sau electromagnetice. Pe aceeași placă se află de asemenea plasat și un electrod de înaltă tensiune 5, necesar pentru curățirea finală a pieselor aflate în instalație cu ajutorul unui câmp electrostatic puternic. Pentru a permite efectuarea



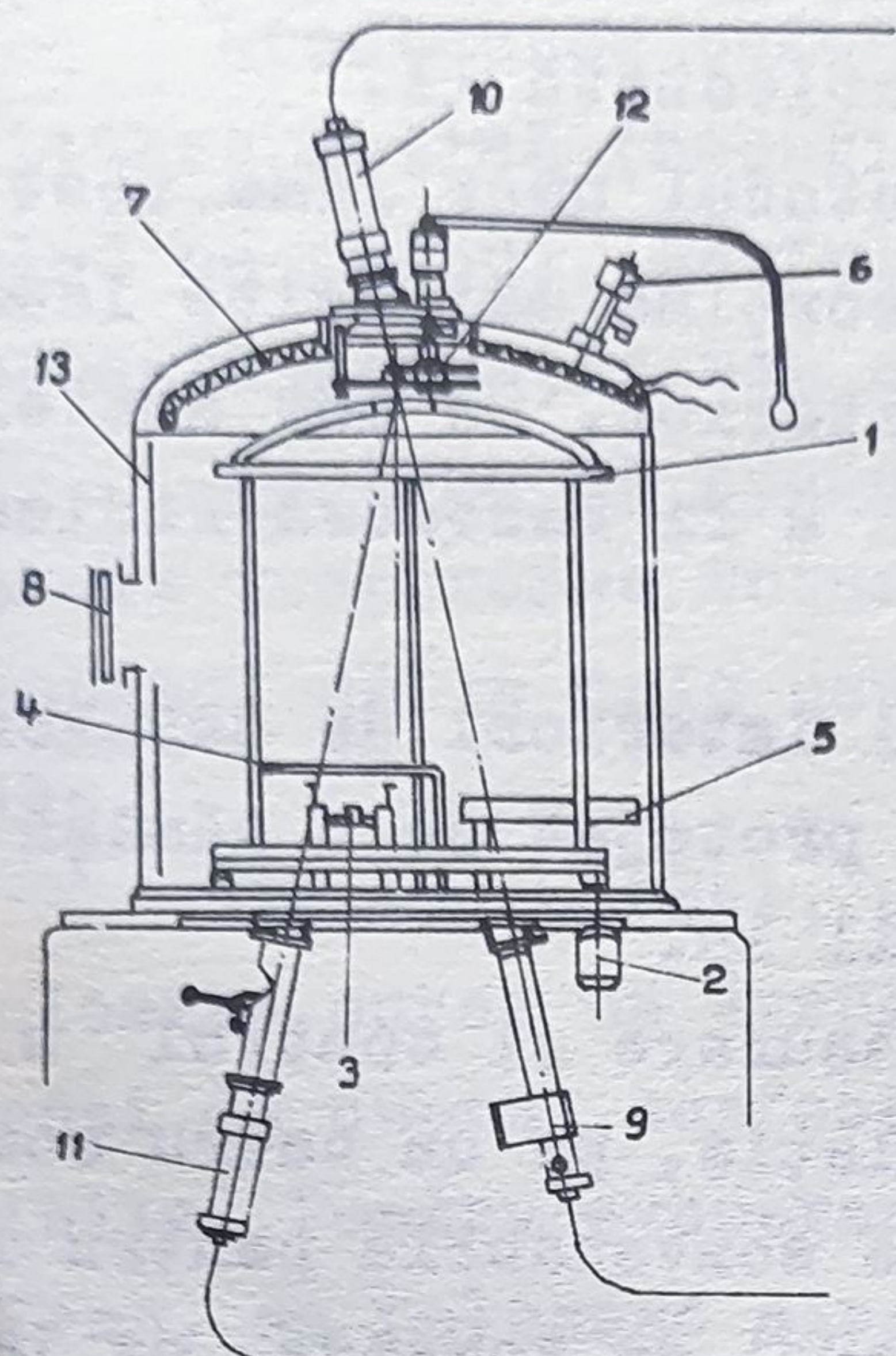


Fig.22.5. Schema de construcție a recipientului unei instalații de vid înalt:

- 1- carusel cu cupolă; 2- motor; 3- surse; 4- paletă;
- 5- electrod de înaltă tensiune; 6- ventil reglabil;
- 7-rezistență; 8- vizor;
- 9- sursă de lumină; 10- celulă pentru transmisie;
- 11- celulă pentru reflexie;
- 12- suport pentru lame test;
- 13- cămașă de protecție.

zoarele de sticlă 8, plasate pe partea laterală a recipientului (1 sau 2).

Se vede de asemenea în schemă amplasarea dispo-

curățirii în bune condițiuni, pe recipient se află montat un ventil reglabil de admisie a aerului 6. Tot prin acest ventil, construit cu 3 căi, se poate introduce, de exemplu, oxigen sau azot, pentru evaporări în atmosferă oxidantă sau neutră.

Întrucât în unele situații (în special la depunerea straturilor antireflectante) aderența straturilor pe sticlă este mărită la depuneri pe suporturi încălzite, în partea superioară a recipientului se află montată o rezistență de încălzire 7, care poate aduce piesele la temperatura de  $400^{\circ}\text{C}$ . Observarea elementelor interioare și a evaporării, se poate face prin vi-



zitivelor de măsurare: sursa de lumină 9, celula receptoare pentru măsurarea în lumină transmisă 10 și celula pentru măsurări în lumina reflectată 11.

Măsurarea se face cu ajutorul unor lame test, așezate într-un suport 12, ce conține mai multe lame, și care se poate manevra din exterior. Se pot astfel efectua evaporări multiple fără a fi necesară ridicarea recipientului.

Pentru a proteja pereții interiori de depunerea substanțelor, recipientul este protejat de o cămașă din aluminiu sau oțel inoxidabil 13.

Aparatele de comandă, măsurare și control sînt amplasate independent de instalație, pe un cadru comun ce se poate deplasa în poziție convenabilă pentru lucru. Este o construcție în blocuri de comandă, ce lucrează independent și se pot combina după necesități.

Panoul de comandă este format din:

- blocul pentru măsurarea cu cuarț a grosimii straturilor depuse;
- manometru cu ionizare pentru măsurarea presiunii în recipient;
- blocul de comandă manuală și automată a pomării cu instrument pentru măsurarea vidului;
- blocul de comandă a evaporării prin reostat cu comutator de surse, comanda rotirii caruselului și a degazării;
- blocul de comandă a alimentatorului prin vibrație;
- blocul pentru comanda evaporatorului cu flux de electroni, cu reostat;
- blocul pentru comanda încălzirii interioare;
- blocul de siguranțe;



- blocul pentru măsurarea straturilor prin metoda optică (așezat pe instalație).

Efectuarea comenzilor este însoțită și de senzalizare optică (becuri de diferite culori ce se aprind pe panou), astfel încât în orice moment se poate cunoaște situația sau stadiul operației.

Sisteme de evaporare. Instalațiile de vid înalt permit evaporarea tuturor tipurilor de materiale prezentate, de la cele ușor fuzibile, la cele greu fuzibile.

În mod normal, pentru evaporări curente, sînt folosite surse de evaporare fixate cu cleme pe electrozi de cupru, confecționate din materiale greu fuzibile. Pentru evaporarea materialelor metalice din sîrmă, se folosesc sîrme de wolfram, de 1-3 mm, prînse direct pe electrozi. Materialele metalice și nemetalice sub formă de granule, se evaporă din surse sub forma unor nacele, construite din tablă subțire (0,1-0,2 mm) de molibden sau tantal. Diferite forme de asemenea surse sînt reprezentate în figura 22.6.

Pentru evaporarea materialelor greu fuzibile, instalația este prevăzută cu un dispozitiv special de evaporare, cu flux de electroni, alimentat de la un transformator special de 10 000 V. Cu ajutorul unei rezistențe de wolfram, se obțin temperaturile necesare pentru evaporarea acestui tip de materiale (de exemplu cuarț). Sînt însă situații în care este necesară evaporarea unor substanțe ușor fuzibile sau instabile termic. Pentru aceasta a fost construit un alimentator special prin vibrații, în care se pun astfel de materiale, și care prin intrarea în vibrație produce deplasarea materialului și deversarea în



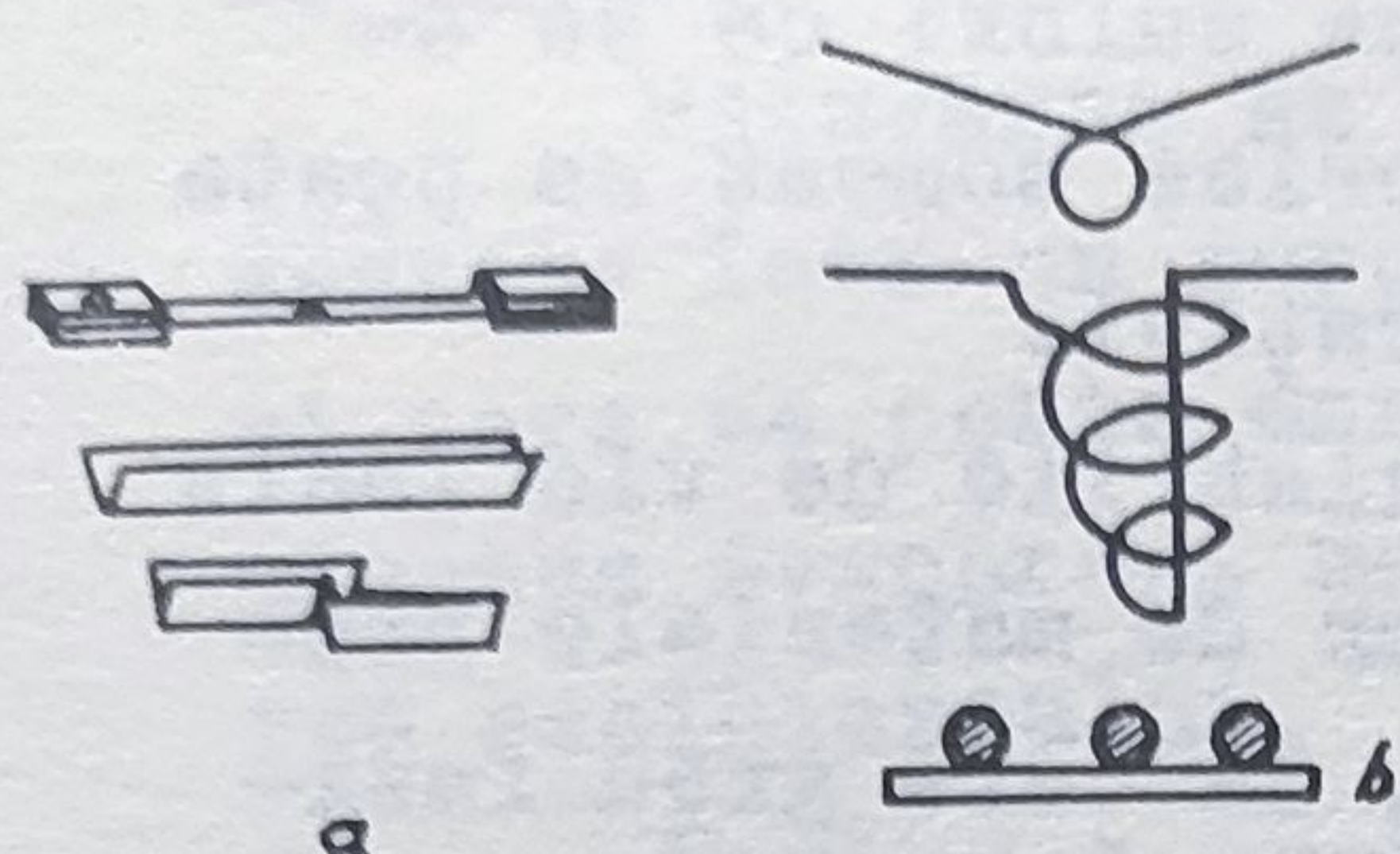


Fig.22.6. Diferite tipuri de surse pentru evaporare:

a- nacele din tablă;  
b- surse de sîrmă.

nacela încălzită suficient, pentru a se obține evaporare instantanee.

Bineînțeles, construcția surselor, chiar a celor normale nu se limitează la acestea prezentate sumar. Ele se construiesc după necesități, funcție de caracteristicile materialelor de evaporat. Există astfel și surse cu creuzete, surse din grafit etc.

Dispozitivele pentru așezarea pieselor sînt confecționate din tablă de oțel inoxidabil și mai rar din aluminiu sau alamă. Este bine să se evite folosirea alamei, deoarece conține zinc și la evaporări cu încălzire a pieselor el trece pe suprafața pieselor, rebutînd șarja respectivă. Dacă totuși se folosește, este necesar ca în prealabil să fie încălzite la o temperatură ridicată ( $300-400^{\circ}\text{C}$ ) pentru a ceda zincul sau alte elemente ce ar putea fi puse în libertate. Intrucît și dispozitivele de aluminiu prezintă dezavantajul unui coeficient de dilatare ridicat, care poate produce blocarea pieselor, ca și o corodare rapidă la curățirile frecvente cu acizi, ce trebuie efectuate, deși costă mai mult, este indicat a fi folosite materiale inoxidabile (pentru confecționarea dispozitivelor de prindere) intrucît costul lor este compensat de durabilitate și nu prezintă dezavantajele menționate.

După cum s-a arătat, piesele pe care se face



depunerea trebuie așezate pe cupola din instalație. După caz, piesele se pot așeza direct pe cupolă (sau platou, pentru piese cu suprafețe plane) sau prin intermediul unor monturi.

În funcție de seria de fabricație și dimensiunile pieselor, cupolele pot fi construite pentru a putea prelua piese identice sau diferite. Se folosesc atât cupole sub forma unor calote sferice, cât și cupole construite din segmente poligonale ca în figura 22.7. Monturile pot fi de asemenea de forme diferite,

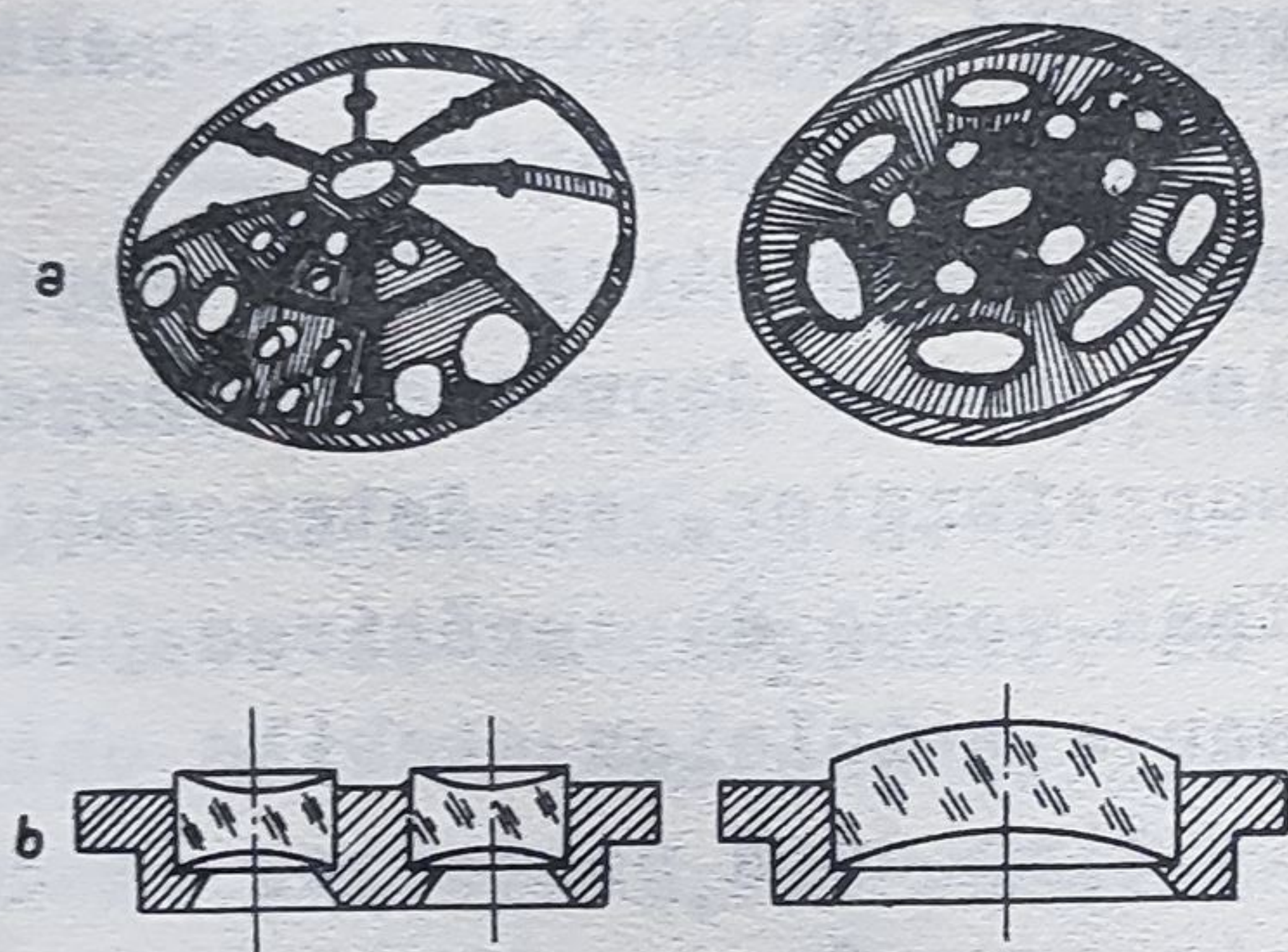


Fig.22.7. Dispozitive de prindere:

a- cupole; b- monturi.

minimum (0,3-0,5 mm) pentru a nu se obtura suprafața piesei.

Tehnologia de depunere. După cum s-a mai arătat, prin evaporare în vid se pot realiza pe suprafața pieselor optice straturi reflectante, antireflectante sau filtrante, folosindu-se materiale metalice

conținând numai una, sau mai multe piese, fiind construite, sub forma unor plăci poligonale cu ramă de așezare, sau sub forma unor monturi circulare.

În orice caz, la construcția acestora, trebuie avut în vedere ca pragul de așezare al pieselor să fie



sau nemetalice, oxizi sau săruri, sub formă de sîrme, granule sau chiar pulberi.

Indiferent dacă depunerea se realizează printr-unul sau mai multe straturi, precum și de tipul depunerii, tehnologia este în linii mari similară. Fiind vorba de o specializare strictă, în cele ce urmează se vor prezenta etapele de realizare a straturilor în general, fără particularizări pentru un tip sau altul de peliculă. Ca și la depunerea peliculelor pe cale chimică, depunerea peliculelor prin evaporare comportă parcurgerea mai multor etape:

- pregătirea pieselor pentru depunere;
- executarea evaporării de bază și, unde este cazul, a peliculelor de protecție;
- curățirea și verificarea straturilor depuse.

Pregătirea pieselor pentru depunere corespunde unei curățiri atente a suprafețelor, cu detergenți, alcool, eter etc. Este însă vorba de curățirea pieselor proaspăt polisate sau a sticlelor stabile chimic, ce se pot păstra mai mult timp după polisare. În cazul sticlelor instabile chimic, sau în cazul apariției petelor sau oxizilor, este necesar ca înainte de pregătire să se facă o polisare superficială (împerspătare) pe mașini a suprafețelor, cu cel mult 24 ore înainte de efectuarea tratamentului.

Piese curățate atent, se așază în monturi, fără a fi atinse cu mîna și apoi monturile se pun pe cupole. În timpul operației de curățire, cupolele trebuie să fie acoperite în hote de protecție, pentru a se preîntîmpina depunerea prafului pe piese.

Cupolele cu piese astfel pregătite se introduc în instalație și se coboară recipientul în vederea



realizării vidului și evaporării substanțelor.

Pînă la realizarea vidului înalt necesar evaporării, instalațiile semiautomate desfășoară ciclul automat, potrivit unor parametri stabiliți inițial și introduși în sistemele de comandă.

La comanda începerii desfășurării ciclului, lucrează la început pompa de vid preliminar, pînă ce presiunea scade în jur de  $10^{-2}$  torr. În acest timp se dă o rotație lentă caruselului cu piese și se cuplează rezistența de încălzire. Între pereții recipientului circulă apă rece, întrucît prin încălzire se ridică temperatura și trebuie evitată degradarea garniturilor sau tensionarea vizorilor.

La atingerea presiunii de  $10^{-2}$  torr, este comandată automat începerea descărcărilor de înaltă tensiune (3000 V și 50 mA), ca și deschiderea diafragmei de admisie a aerului. Durata degazării este comandată de un dispozitiv cu ceasornic. Tot el decuplează înalta tensiune și închiderea ventilului de admisie a aerului, în vederea continuării pompării. La obținerea vidului preliminar necesar, este comandată automat deschiderea circuitului de vid înalt. Pomparea continuă automat pînă la terminarea evaporării.

Se oprește acum încălzirea prin rezistență interioară, piesele avînd deja temperatura de 300-400° C și se comută instalația pe evaporare. Paleta de protecție se află acum deasupra sursei. Se imprimă de asemenea o rotație mai rapidă caruselului, pentru uniformitatea depunerii. Se comandă apoi încălzirea treptată (prin reostat) a sursei de evaporare, pînă ce materialul ajunge la punctul de topire. În acest



moment se rabate paleta și prin aceasta începe depunerea substanțelor pe suprafața pieselor. În timpul evaporării se urmărește evoluția depunerii cu ajutorul aparatelor de control (se va reveni asupra acestora). La terminarea evaporării, care nu trebuie făcută prin ridicarea bruscă a tensiunii la sursă, se decuplează alimentarea sursei și se pune paleta din nou deasupra acesteia, pentru a împiedica depuneri suplimentare pînă la răcirea completă a substanței.

Se poate conecta apoi la o altă sursă, se schimbă lama test prin rotirea pîrghiei și se poate începe o nouă depunere. Dacă aceasta este o depunere de protecție, utilizată mai frecvent la straturile reflectante, pentru protejarea oglinzilor depuse pe partea posterioară se folosește cupru metalic, iar pentru protejarea oglinzilor depuse pe fața anterioară, stratul de protecție este format prin depunere de monoxid sau dioxid de siliciu.

După protejarea sau depunerea tuturor straturilor necesare, operația se poate socoti încheiată.

Se introduce apă caldă între pereții recipientului, pentru a împiedica condensarea vaporilor de apă în instalație. Se poate deschide apoi ventilul de aerisire (în orice caz, pătrunderea aerului se face printr-un filtru ce reține vaporii de apă).

La obținerea presiunii normale, se poate ridica clopotul și piesele pot fi scoase de pe cupolă.

După un interval de 4-6 ore de la tratament, se obișnuiește a se face o finisare a acestuia cu detergenți slabi, în vederea controlului.

Trebuie aici insistat în mod deosebit asupra măsurilor stricte de curățenie ce trebuie respectate.



Platanul instalației, electrodul de înaltă tensiune și paleta de acoperire a sursei se curăță bine la fiecare 2-3 evaporări. Paleta se curăță cu peria de sîrmă și se decapează, electrodul de înaltă tensiune se acoperă cu staniol, iar platanul se curăță cu aspiratorul. Cămașa de protecție și instalația se curăță prin decapare, la fiecare 40-50 ore de funcționare, ca și dispozitivele de prindere.

#### 22.4. Verificarea straturilor depuse

22.4.1. Verificarea straturilor depuse chimic. Oglinzile realizate prin metoda chimică se verifică sub mai multe aspecte. Se controlează întîi dacă nu s-a afectat acuratețea suprafeței sau nu s-a produs știrbituri marginale în timpul manipulărilor. Se verifică apoi corectitudinea stratului depus, urmărindu-se ca aceasta să nu prezinte pete de oxid (pete brune) datorită unei pregătiri necorespunzătoare, sau stratul este discontinuu (prezintă înțepături).

Determinarea coeficientului de reflexie obținut se face cu ajutorul reflectometrelor obișnuite cu sursă, celulă fotoelectrică și amplificator. În orice caz acesta nu trebuie să fie inferior a 93-94%.

Cînd funcționarea piesei respective o cere, se pot face și probe de durabilitate în condiții speciale (aer salin, fierbere etc.).

22.4.2. Verificarea straturilor depuse pe cale fizică. Dacă elementul principal urmărit, grosimea stratului, se măsoară în timpul lucrului, la verificarea finală a pieselor se poate face totuși o aspectare cu ochiul



liber pentru a verifica încadrarea în limitele admise de etaloane.

Caracteristicile straturilor reflectante se măsoară cu reflectometrul (coeficientul de reflexie pentru diferite unghiuri de incidență).

Curbele de transmisie ale depunerilor filtrante se obțin cu ajutorul spectrofotometrului.

În afara caracteristicilor optice, la controlul final, se verifică acuratețea suprafeței, prezența petelor, punctelor, rizurilor etc. Observarea se face în lumină reflectată difuz. Se încearcă de asemenea rezistența stratului, prin frecare cu diferite materiale (cîrpe, gumă), cînd stratul nu trebuie să prezinte degradări, sau prin metoda indicată la tratamentul chimic dacă se urmărește obținerea limitei de rezistență.

Aparatele de măsurare a straturilor depuse. După cum s-a mai arătat, unul din avantajele depunerii peliculelor prin evaporare în vid îl constituie posibilitatea măsurării cu suficientă precizie a grosimii efective a stratului depus sau, ceea ce interesează în cele mai multe cazuri, efectul produs de depunere în ceea ce privește caracteristicile optice ale piesei.

Pentru efectuarea măsurătorilor, în momentul de față se utilizează aparate de măsurat de două tipuri:

- aparat de măsurat pe principiu optic;
- aparat de măsurat cu lamele de cuarț.

Aparatul de măsurat pe principiu optic, ale cărui componente sînt prezentate în figura 22.8, nu măsoară direct grosimea optică sau geometrică a stratului depus, ci efectul asupra proprietăților optice



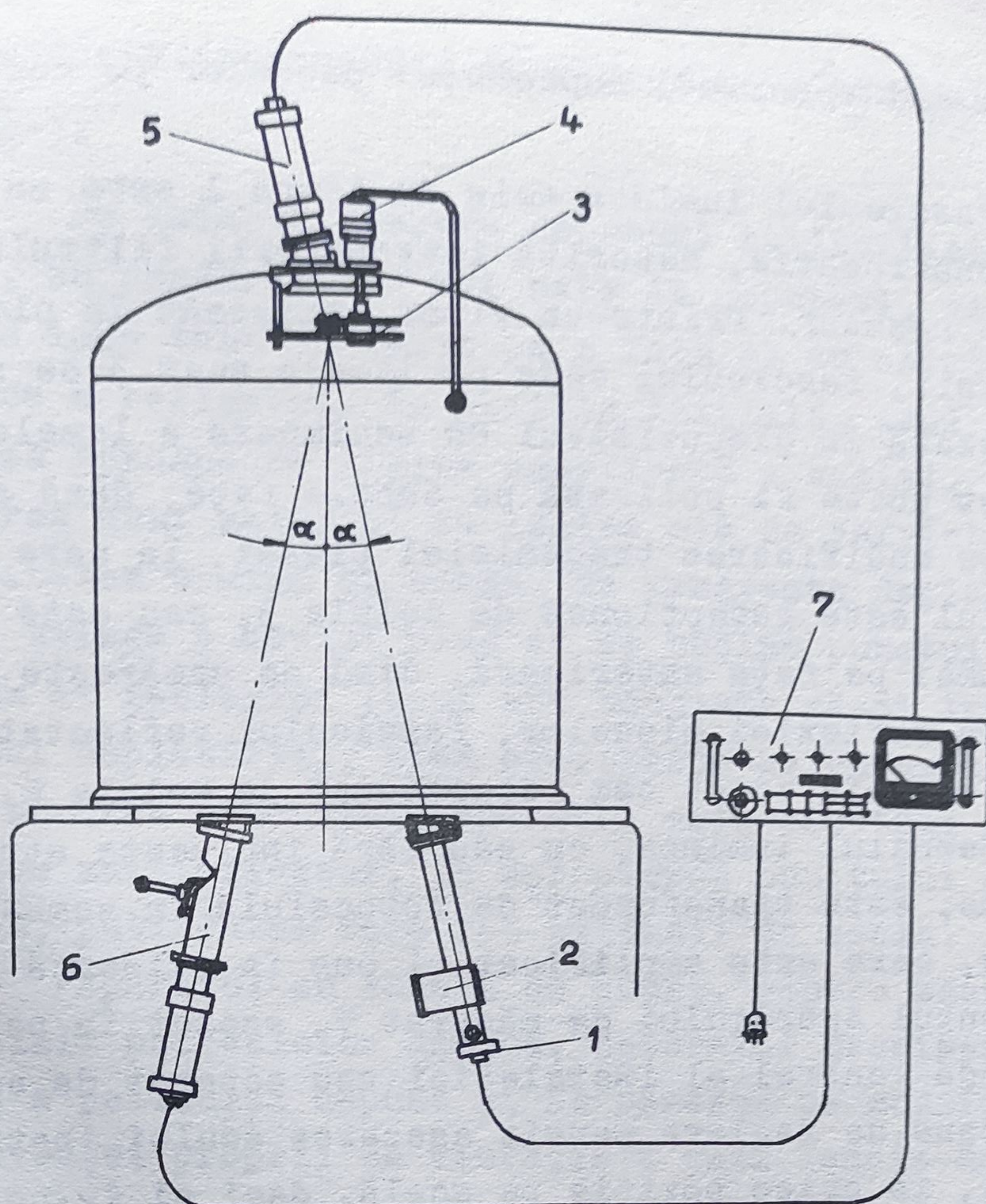


Fig.22.8. Schema de principiu a aparatului de măsurate pe principiul optic.

ale piesei pe care este depus stratul.

Cu alte cuvinte, aparatul poate indica modificările ce intervin asupra coeficientului de reflexie sau transmisie al piesei prin intermediul unor lame test fixe, dispuse, după cum am văzut, în partea superioară a recipientului. Bineînțeles, întrucât diferența de poziție între piesă și lama test poate da erori, este bine ca lama test să se afle în planul



(sau cît mai apropiat) suprafeței pieselor pe care se depune.

Fasciculul luminos emis de lampa 1 este un fascicul monocromatic, datorită introducerii filtrului 2 în calea razelor. Printr-un vizor, existent în platanul mașinii, fasciculul cade pe lamela test 3 ce se află așezată în dispozitivul de schimbare a lamelor 4. Lama test poate fi polisată pe ambele fețe, dacă se urmărește modificarea transmisiei piesei, în care caz fasciculul este recepționat de celula 5, sau este polisat numai pe fața anterioară, cînd se urmărește modificarea reflexiei pieselor, fasciculul reflectat de lamelă fiind în acest caz recepționat de celula 6.

Semnalul luminos, cu sau fără influența stratului depus, este transformat de fotocelulă în semnal electric, care este amplificat și pus în evidență pe instrumentul aparatului de măsurat 7, așezat în panoul de comandă general al instalației sau separat de aceasta. Butoane de reglare permit așezarea acului instrumentului, în orice poziție pe scală, deci și în pozițiile limită stînga sau dreapta, ca poziție inițială (depunerea nu este efectuată). Odată cu începerea depunerii, acul instrumentului se va deplasa către stînga sau către dreapta, după cum fenomenul optic (reflexie sau transmisie) scade în intensitate sau se intensifică. Depunerea, deci deplasarea acului continuă pînă ce apare tendința de producere a unui minim sau maxim (acul tinde să se oprească). Aceasta înseamnă că fenomenul optic respectiv prezintă și el un maxim sau minim.

La atingerea acestei poziții, evaporarea se oprește, întrucît stratul depus duce la obținerea efec-



tului dorit (corespunde cu o grosime a stratului de  $\frac{\lambda}{4}$ ).

De exemplu, pentru depuneri antireflectante de  $\text{MgF}_2$ , cu ponderea cea mai mare în depuneri, se lucrează cu lama test polisată pe o față și cu celula de măsurare a reflexiei. În poziția inițială, acul se reglează aproape de limita superioară a scalei, la depunerea unui material cu indice mic de refracție, intensitatea urmînd să scadă. Se urmărește deplasarea spre stînga a acului pînă ce se obține punctul de minimum al reflexiei (acul are tendința să-și inverseze sensul deplasării), cînd evaporarea se oprește. Pentru mărirea preciziei, aparatul este prevăzut cu un sistem multiplicator, în apropierea punctului de minimum, putîndu-se face 2-3 extensii de scală.

Aparatul cu lamele de cuarț, pentru măsurarea grosimii peliculelor depuse, determină grosimea efectivă a peliculei depuse și se bazează pe modificarea frecvenței proprii de vibrație a unei lamele de cuarț, datorită aportului de masă (raport de substanță depusă). Blocul de comandă al aparatului de măsurare a grosimii cu lamele de cuarț este reprezentat în figura 22.9.

Aparatul este în fond o punte electrică echilibrată, a cărei echilibrare se face din butonul 1. Modificarea frecvenței proprii a lamelei de cuarț, care servește ca lamelă test, este proporțională cu densitatea materialului depus. Echivalența grosime-frecvență este dată în tabele sau grafice Å-Hz. De exemplu, pentru aluminiu,  $1 \text{ Å} = 1,281 \text{ Hz}$ , pentru  $\text{MgF}_2$   $1 \text{ Å} = 1,299 \text{ Hz}$  etc. În acest mod, față de poziția de echilibru, pen-



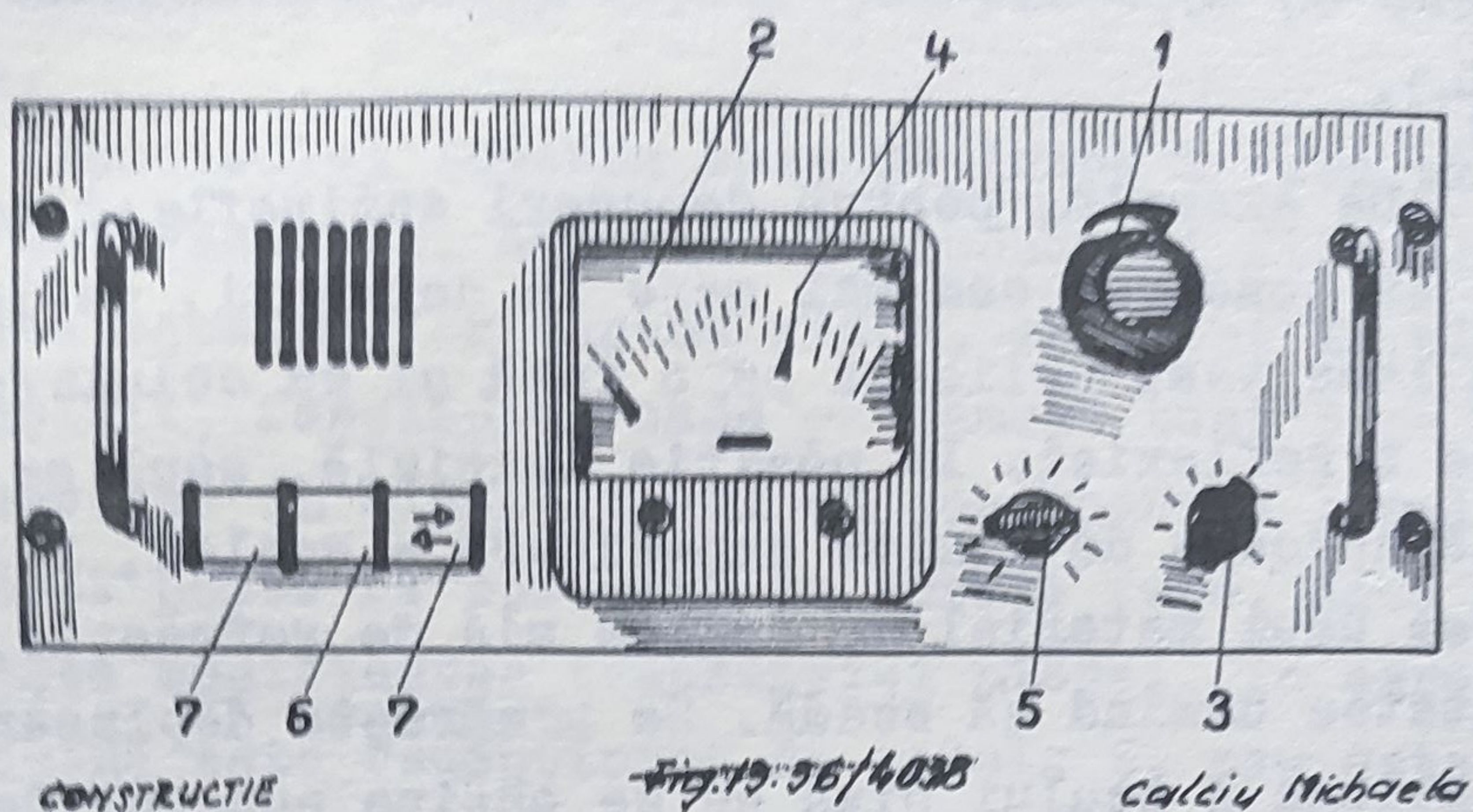


Fig.22.9. Blocul de comandă al  
aparaturii de măsurare a grosi-  
milor peliculelor depuse.

tru o grosime dorită, se calculează variația frecven-  
ței, care se introduce în aparatul de măsurat 2 prin  
limitatoarele mobile. Pentru sensibilitate mărită și  
aci există un multiplicator, cu care se acoperă dome-  
niul 0-50 000 Hz. În funcție de valoarea rezultată  
din calcul, se comută butonul 3 pe una din trepte, ce  
acoperă intervalul necesar. La începerea depunerii,  
datorită variației frecvenței lamelei pe care se de-  
pune, puntea se dezechilibrează, acul începe să se  
deplaseze, și se redă auditiv un semnal de intensita-  
te și frecvență potrivit caracterului depunerii. Când  
acul a înregistrat diferența de frecvență calculată,  
deci s-a realizat grosimea propusă, el face contact  
cu limitatorul mobil 4, și se comandă automat redre-  
sarea paletii (acoperirea sursei) deci terminarea  
evaporării. Dacă zgomotul deranjează, intensitatea  
lui poate fi micșorată, sau chiar anulată prin buto-  
nul de volum 5. Comanda electromagnetică a paletii



se poate face și manual, apăsând pe tasta 6. Celelalte două taste 7, folosesc pentru punerea în stație a aparatului și stabilirea sensului de deplasare a acului indicator.

Lamela de cuarț folosită pentru depunere, se poate folosi pentru mai multe evaporări, dar pînă la depunerea pe ea a unui strat de grosime de  $3\text{ }\mu\text{m}$  ce corespunde unei diferențe de frecvență de 150 kHz. La atingerea acestei valori, lamela trebuie scoasă din suport, curățată și refăcut contactul de argint, tot prin depunere, cu ajutorul unui dispozitiv special.

### Capitolul 23

#### METODE PRECISE DE VERIFICARE ȘI MĂSURARE A PIESELOR OPTICE

După executarea fiecărei operații, piesa optică se controlează de muncitorul care a efectuat-o și de controlorii C.T.C. Controlul între operații este indispensabil pentru a evita prelucrarea în continuare a unor piese cu defecte. După curățirea pieselor optice se efectuează un alt control, care are ca scop verificarea pieselor polisate, lipite, centrate etc., din următoarele puncte de vedere:

- dimensiuni liniare și unghiulare;
- forma suprafețelor sferice;
- defecte de suprafață;
- centrarea etc.



Verificarea proprietăților parametrilor optici al sticlelor din care sînt executate piesele se face în laboratoarele de metrologie din întreprindere.

### 23.1. Controlul dimensiunilor liniare

Dimensiunile liniare ale pieselor optice se verifică prin metode similare folosite în sectoarele mecanice de prelucrare a pieselor.

De exemplu, grosimea lentilelor biconvexe se controlează cu un micrometru de exterior, iar aceea a lentilelor biconcave cu un micrometru special la care s-au lipit cu un amestec de ceară și colofoniu, două bile pentru a evita abaterile de sfericitate care s-ar putea produce la măsurarea grosimii cu suprafețele de măsurare plane. Se va ține seama de grosimea stratului de ceară și colofoniu precum și de diametrul bilelor.

Măsurarea grosimii la margine a lentilelor nu cere precizie și de aceea se poate măsura cu rigla, șubler sau lupa de măsurat.

Controlul se poate face și cu ajutorul calibrelor limitative.

Pentru verificarea dimensiunii fațetelor (teșturilor) se pot utiliza lupe de măsurat a căror valoare a diviziunii pe scara gradată este de 0,1 mm.

### 23.2. Controlul dimensiunilor unghiulare

Verificarea unghiurilor prismelor se face cu raportorul mecanic sau optic, șablonul sau goniometre



optice, autocolimatoare etc.

Unghiurile prismelor care au suprafețele degroșate se verifică cu ajutorul șablonului, raportorului optic sau mecanic.

Unghiurile prismelor care au suprafețe polisate se verifică cu ajutorul goniometrului.

Goniometrul (fig.23.1) este format dintr-un batiu 1 de fontă, brațul 2, luneta 3, microscopul pentru citirea unghiurilor 4. Aparatul se poate regla în poziție orizontală cu două șuruburi 5. Piciorul 7 este fix. Orizontalitatea se verifică cu nivela sferică 6.

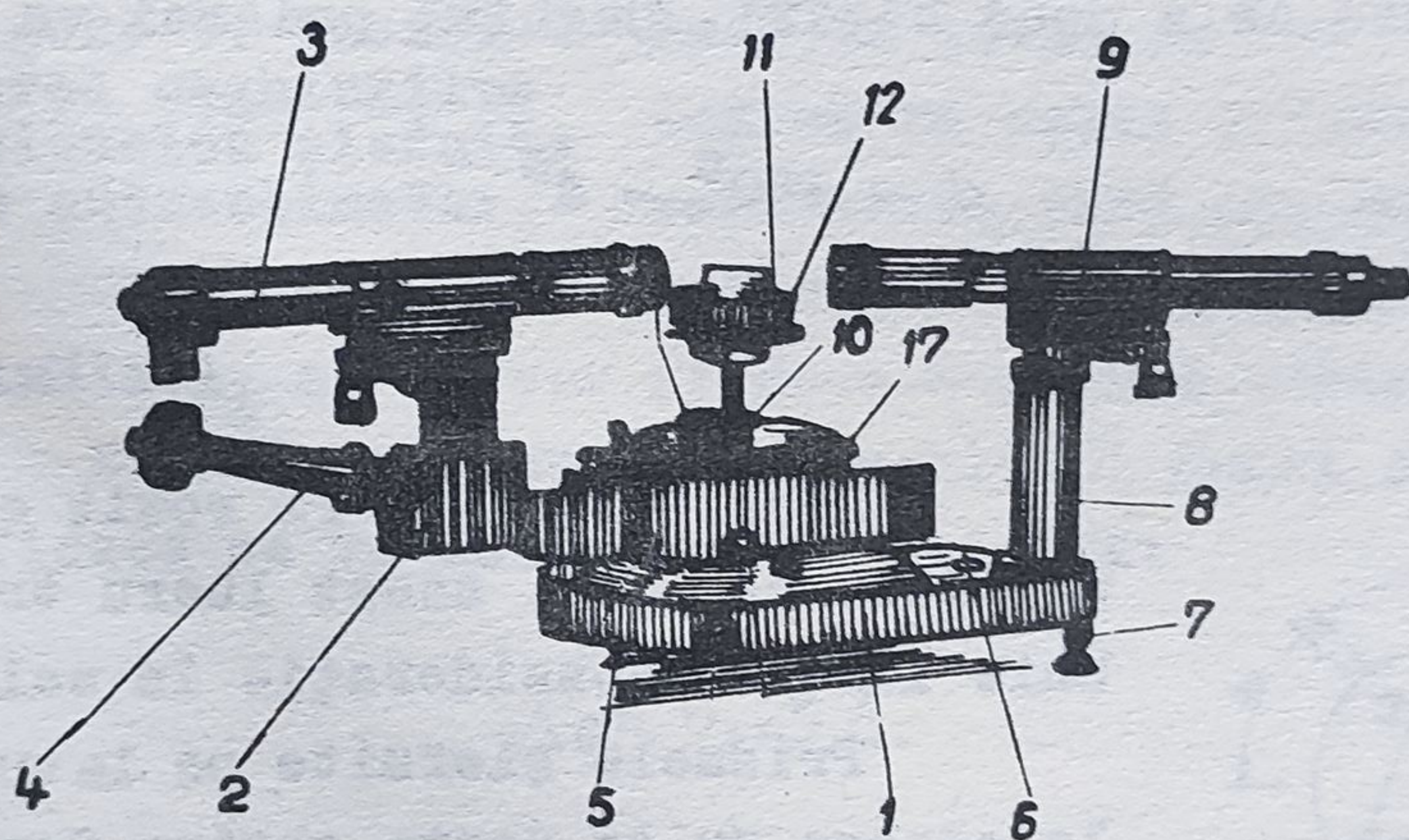


Fig.23.1. Goniometrul.

Colimatorul 9 este montat în coloana 8 care este fixată de batiu. În conul de prindere 10 se introduce măsura post-obiect 11 care se poate regla în poziție orizontală cu ajutorul piulițelor striate 12, care poziție este indicată de oglinda autocolimatoare.

Pentru măsurare, batiul 1 și măsura port-obiect trebuie să fie orizontale. Axul optic al lunetei 3 să



coincide cu axul optic al colimatorului 9, adică crucea reticulului colimatorului să coincidă cu reticulul lunetei.

Prisma de verificat se așează pe măsută, apoi luneta și colimatorul se aduc într-o poziție în care axele lor se intersectează într-un unghi cât mai ascuțit (fig.23.2). Se face prima citire în microscopul 4 se rotește masa port-obiect, care este solidarizată cu discul gradat de sticlă în așa fel încât cele două suprafețe ale prisme să formeze succesiv imaginea reticulului colimatorului pe crucea dublă a reticulului lunetei. Se face a doua citire. Se determină diferența  $d$  dintre cele două citiri. Unghiul prisme va fi

$$\alpha = 180^\circ - d^\circ.$$

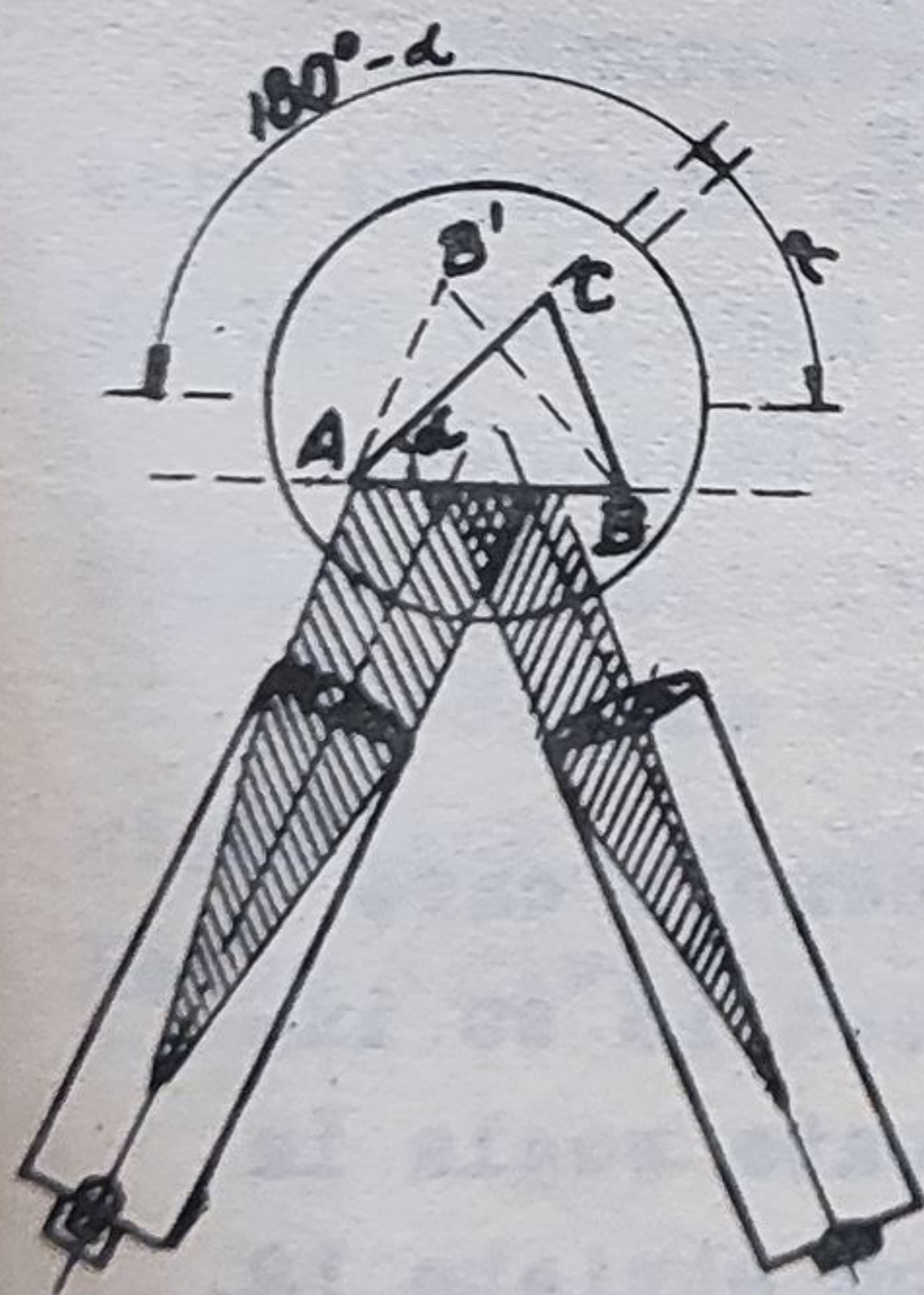


Fig.23.2. Verificarea unghiului unei prisme.

Dacă cercul va fi rotit cu mai mult de  $360^\circ$ , acest lucru trebuie luat în considerație în calcul.

Prisme șlefuite pe laturile cărora nu se poate obține fenomenul de reflexie se pot verifica pe autoocolimator (figura 23.3).

Prisma etalon 1 se așază pe măsuta 2 prevăzută cu trei suporturi sferice și un cuțit de sprijin. Autoocolimatorul 3 este astfel reglat încât o parte a razei emergente după reflexia pe suprafața prisme și oglinzii 4 se va întoarce în obiect-



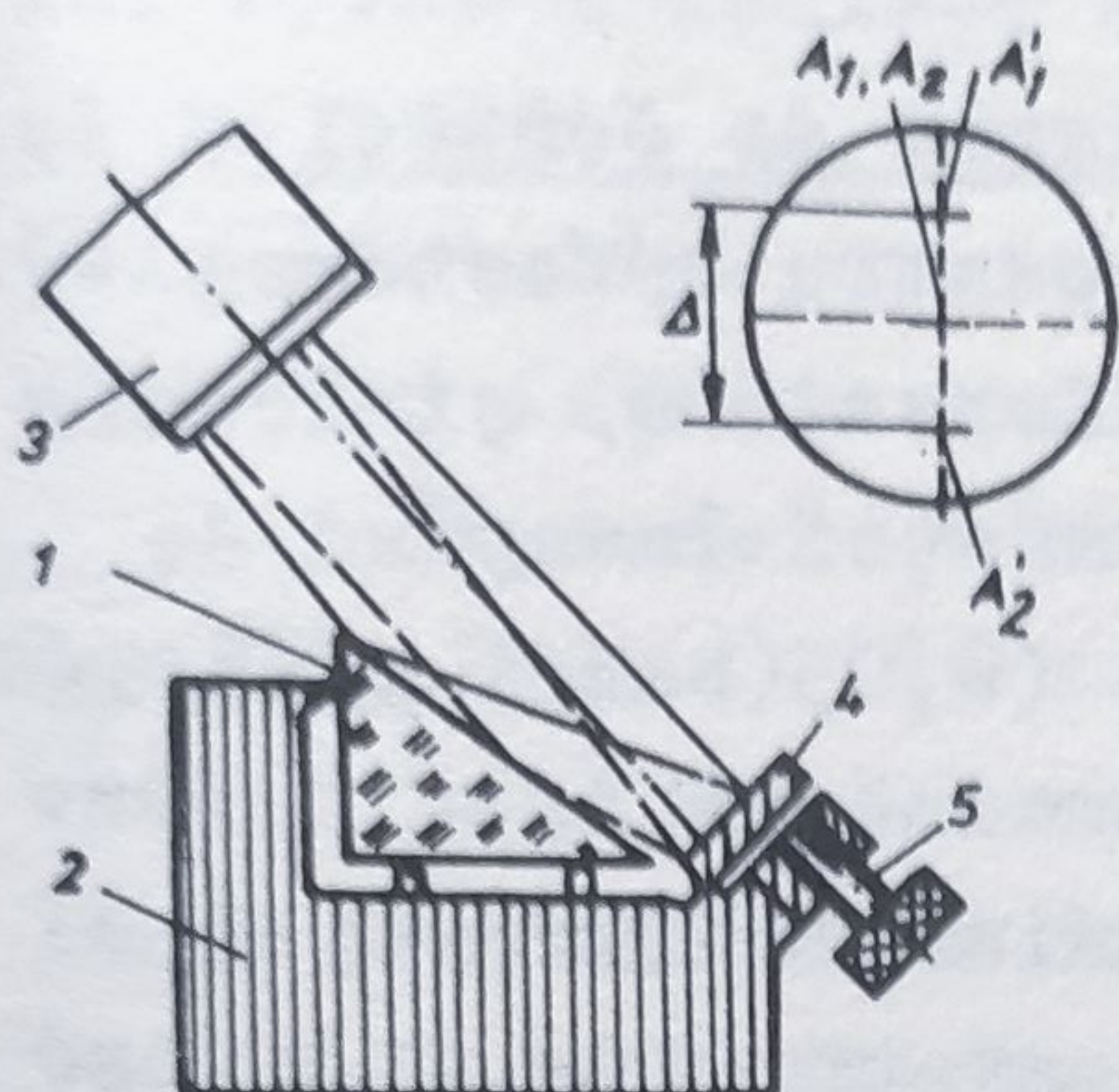


Fig.23.3. Verificarea unghiurilor prismelor șlefuite pe autocolimator.

imaginiile  $A_1$  și  $A_2$  vor fi decalate cu o mărime  $\Delta$ .

Eroarea de măsurare a unghiului  $\Delta\alpha$  al prismei verificate se va determina cu relația:

$$\Delta\alpha = 0,25 \Delta.$$

### 23.3. Controlul formei suprafețelor optice

Controlul planității suprafețelor șlefuite se face cu ajutorul riglelor de verificare prin metoda fantei de lumină. Pentru verificare, rigla se așază pe suprafața piesei și după mărimea și forma fantei se apreciază forma neplanității suprafeței.

În cazul verificării cu rigla calibrată din sticlă, aceasta se rodează ușor cu suprafața de mă-



surat și după urmele rămase se apreciază forma planității.

Metoda comparației cu etaloane de control a formei suprafețelor se folosește pentru aprecierea abaterilor totale (inelo de interferență N) și locale (elipticitatea inelor N) ale suprafeței începînd de la 0,1 pînă la 2,5...3 micrometri (0,05 benzi pînă la 10-12 benzi de interferență) în lumină albă.

Controlul se execută în lumină reflectată difuz, observația făcîndu-se pe suprafață (fig.23.4).

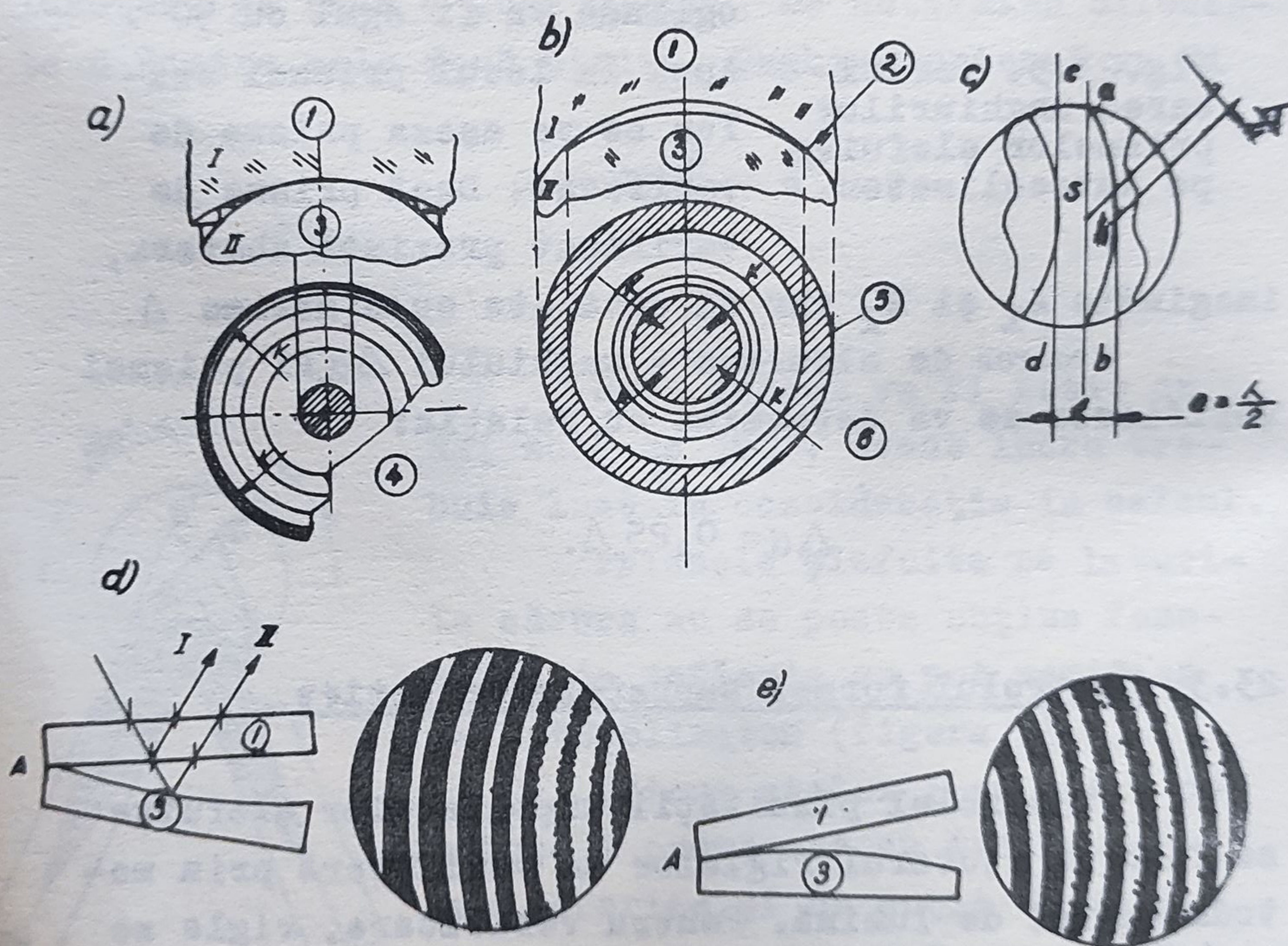


Fig.23.4. Controlul formei suprafețelor bazat pe interferență.



Suprafața de verificat 3 și suprafața calibrului optic 1 înainte de verificare se spală, se șterg și se curăță cu o pensulă cu păr de veveriță. Suprafețele sînt bine curățate în momentul cînd ele alunecă ușor una față de cealaltă.

În cazul contactului pe vîrfurile suprafețelor sferice (fig.23.4, a) în zona de contact a suprafețelor se vede o pată de culoare galben-pai, înconjurată de inele de interferență late 4, relativ rare. În cazul contactului pe marginea suprafețelor sferice 2 (la mijloc rămînînd fantă), în zona medie a interstițiului de mărime maximă se observă o pată întunecată 6, iar lîngă margini se dispun inele de interferență înguste fine 5 (fig.23.4, b).

Dacă în cazul contactului pe vîrfurile sferei se apasă ușor pe suprafața de verificat, pana de aer dintre suprafețe se va deforma, iar inelele de interferență se vor deplasa spre marginile câmpului vizual (săgeata K), iar în cazul contactului pe marginea suprafețelor sferice, la margine fenomenul are loc invers.

Cînd grosimea penei de aer corespunde unei abateri mai mică de un inel sau o bandă de interferență, natura neregularității suprafețelor se verifică prin apăsarea sticlei de probă pe una din marginile piesei. În cazul penei de aer la mijloc apar benzi de grosime egală, dirijate cu convexitatea spre locul de apăsare (fig.23.4, d); la contactul pe vîrf se observă imaginea inversă (fig.23.4, e).

Mărimea interstițiului de aer se determină în acest caz după curbura benzilor de interferență. Dacă o dreaptă, de exemplu ed (fig.23.4, e) tangenta la vîrfurile și la curbura oricărei benzi de interferen-



ță sau prin marginea sa (dreapta ab), se determină săgeata  $h$  a areului ab în fracțiuni din lățimea  $e$  a benzii de interferență. Se observă că o abatere de o jumătate de bandă de interferență adică  $\lambda/4$  este circa 0,13 micrometri.

Cînd în două secțiuni, perpendiculare între ele, curbura suprafeței nu este identică, inelele de interferență se transformă în elipse. Această abatere a suprafeței se numește "astigmatism". Mărimea elipticității ( $\Delta N$ ) a inelelor de interferență se apreciază prin compararea lor cu imaginea de interferență a tablei etalon.

Calibrele optice utilizate la verificarea pieselor se împart în trei grupe: etalon, de lucru și de control. La controlul în secție se folosesc calibrele de lucru. Diametrul calibrului de lucru trebuie să fie cu ceva mai mare decît diametrul piesei. Pe suprafața inactivă a calibrului se marchează valoarea razei de curbură a suprafeței de control. Calibrele de control se folosesc la verificarea calibrelor, ele fiind executate în mai multe clase de precizie.

Suprafețele plane polisate se pot controla cu ajutorul interferometrului (fig.23.5), care se compune din: dispozitivul de iluminat 1, luneta de observare 2, oglinda concavă cu distanță focală mare 3, prisma separatoare 4, lama etalon în formă de pană 5, măsuta deplasabilă 6.

Interferometrul folosește lumină monocromatică dată de filtrul de culoare verde 8.

Razele de la sursa de lumină 7 trec prin filtrul 8 și sînt proiectate de condensatorul 9 pe fața



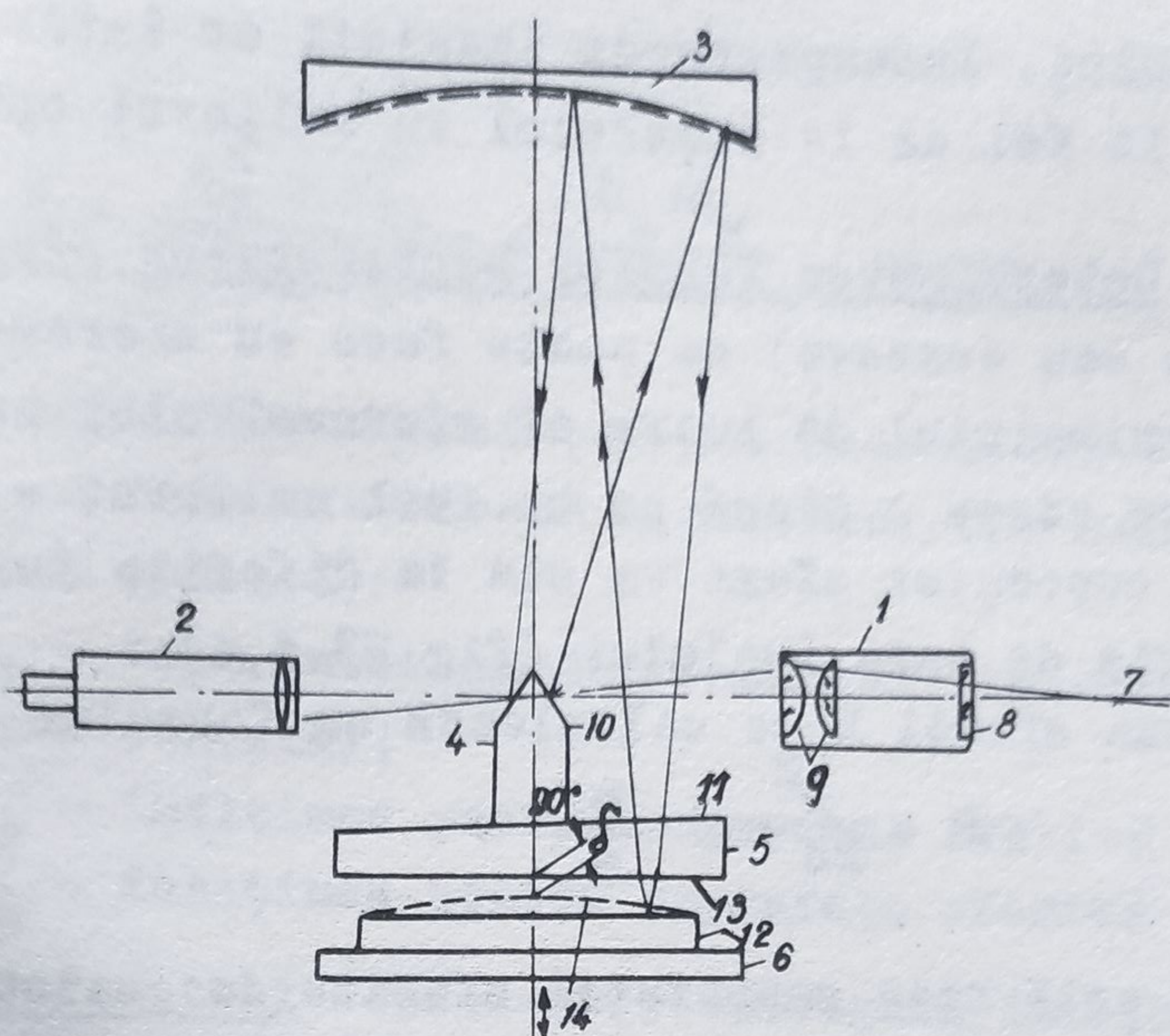


Fig.23.5. Interferometrul  
de atelier.

de reflexie 10 a prisme 4. De aici razele se reflectă pe oglindă 3 și ajung în fascicule paralele pe suprafața 11 a lamei etalon. O parte din raze se refractă și trec prin lamă. Piesa de controlat 2 se așază pe măsura 6 și se ridică împreună cu ea, astfel încât între fața de verificat a blocului și fața 13 a lamei etalon să fie interstițiul de aer  $\delta$  cu o grosime de 2...3 mm. Razele ce au trecut prin lama etalon ajung pe suprafața blocului, se reflectă pe ea și trec din nou prin lama etalon. După reflexie pe oglindă ele ajung pe muchia a doua a prisme de separare și apoi în luneta de observare 2.

Razele reflectate de la suprafața 13 și suprafața 14 a piesei 12 interferează datorită diferenței de drum, condiționată de interstițiul dintre suprafețele blocului și lamei. Imaginea de interferență observată prin intermediul lunetei 2 corespunde forme suprafe-



tei blocului. Interpretarea imaginii de interferență se face la fel ca la controlul cu calibrul optic.

23.3.2. Determinarea razelor suprafețelor sferice (convexe sau concave) se poate face cu sferometrul.

Principiul de lucru al sferometrului este următorul: se așază o sferă pe un inel calibrat a cărui rază se cunoaște: sfera va sta la diferite înălțimi în funcție de raza inelului (fig.23.6,a).

Raza sferei  $R$  se calculează cu formula:

$$R = \frac{r^2}{2h} + \frac{h}{2} ,$$

în care:

$R$  este raza suprafeței sferice de calculat;

$h$  - înălțimea care se măsoară;

$r$  - raza inelului calibrat.

În cazul în care se măsoară suprafețele conjugate ale calibrului și contracalibrului, formula de calcul este:

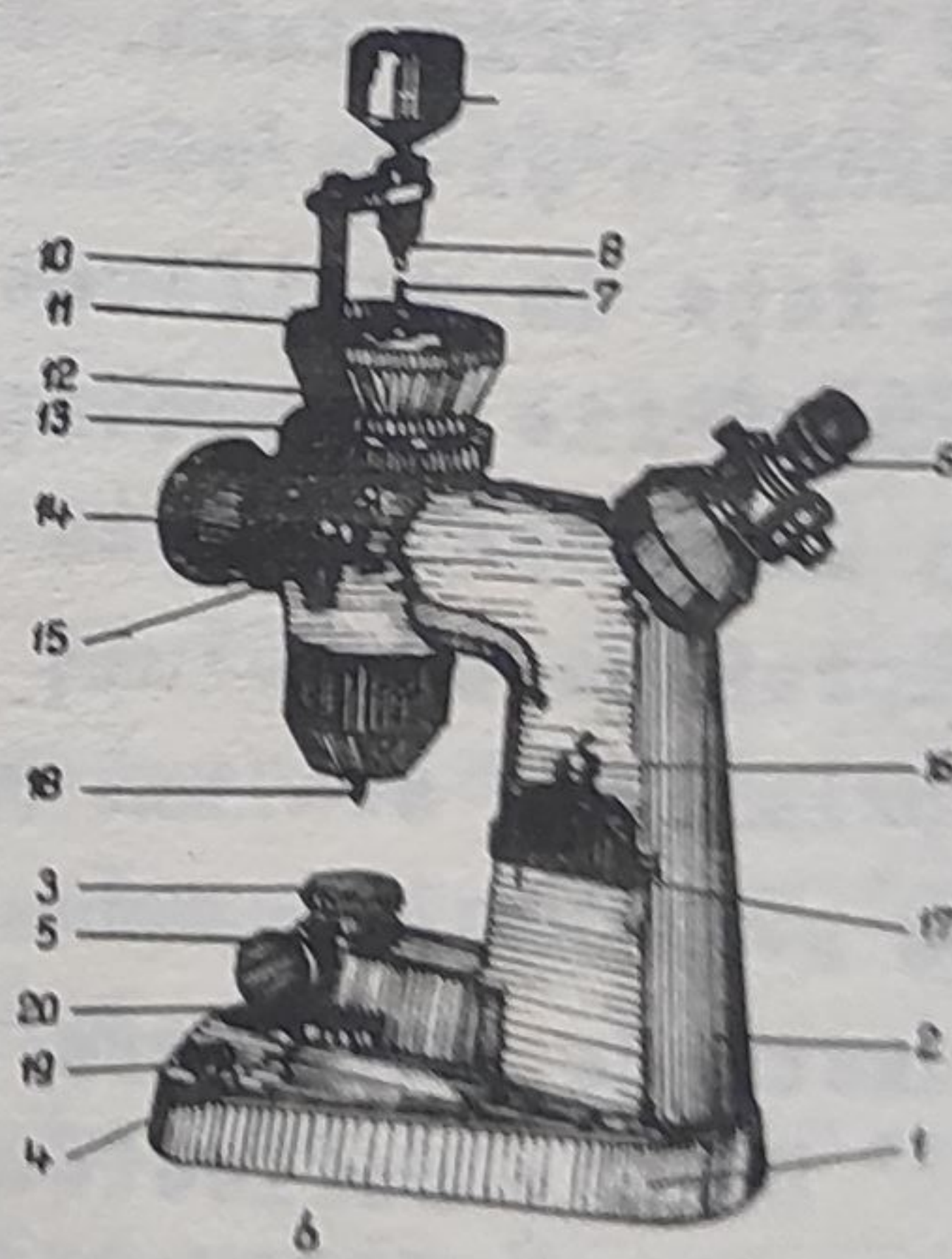
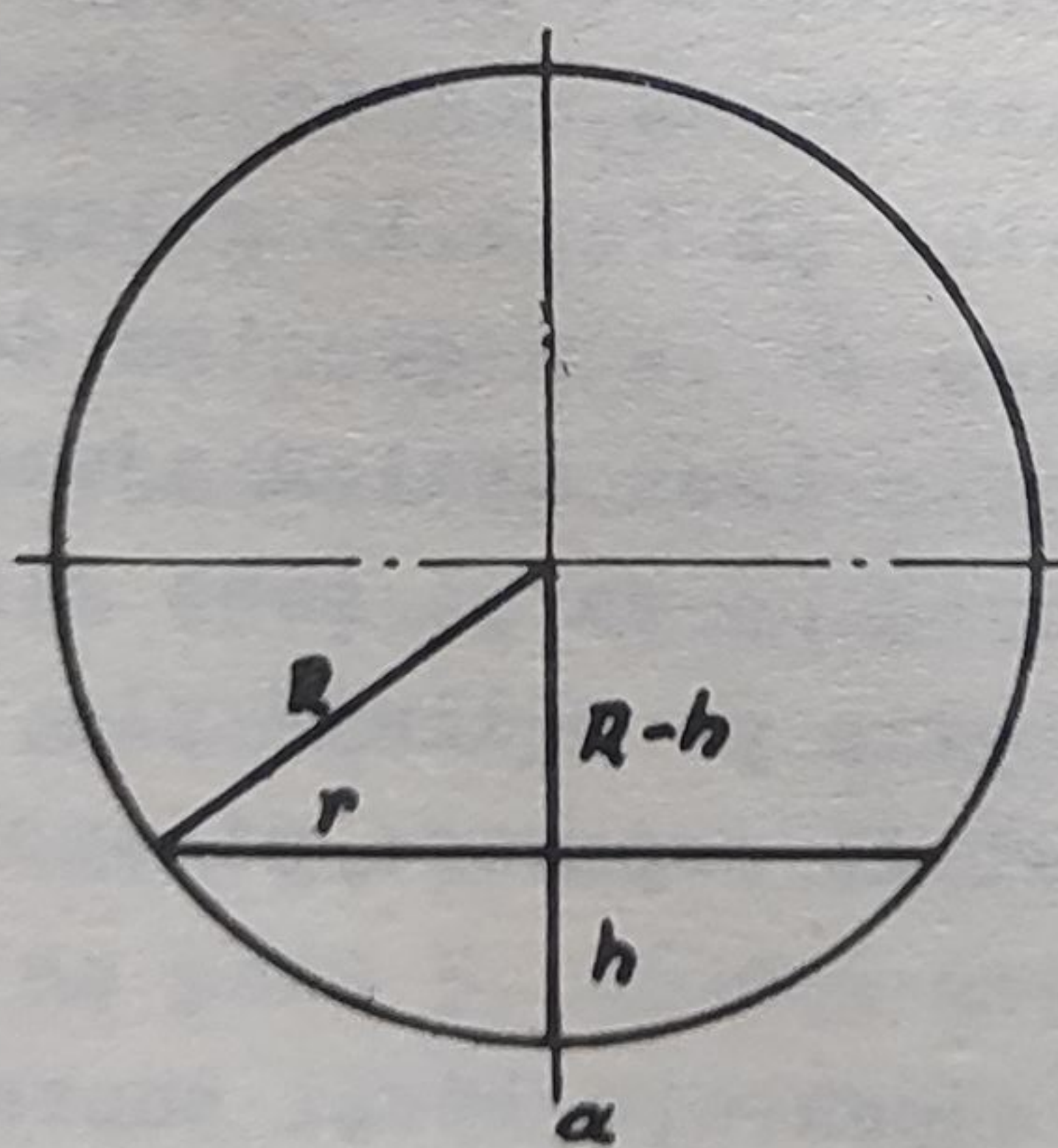


Fig.23.6 Determinarea razelor suprafețelor sferice:  
a- schița de așezare a sferei pe inelul de calibrat;  
b- sferometrul



$$R = \frac{r_o^2 + r_i^2}{2(h_1 + h_o)} + \frac{h_1 + h_o}{4}, \text{ unde:}$$

R este raza suprafeței sferice de calculat;  
 $r_o$  - raza exterioară a inelului (pe care se  
 așază sfera concavă);

$r_i$  - raza interioară a inelului (pe care se  
 așază sfera convexă);

$h_o$  - înălțimea pentru suprafața sferică concavă;

$h_1$  - înălțimea pentru suprafața sferică convexă.

Sferometrul reprezentat în figura 23.6,b se  
 compune din batiul 1, coloana 2, avînd montată pe ea  
 masa 3 deplasabilă în sus și în jos cu ajutorul unui  
 șurub prevăzut cu un buton striat 4, a cărui poziție  
 se fixează cu șurubul de blocare 5. În ocularul micro-  
 metric 6 se citește valoarea măsurată a lui h.

Pe coloana 2 este montată bușea 13, în interio-  
 rul căreia se deplasează pistonul 7, prevăzut cu un  
 palpator, iar pe suprafața bușei 13 se pune inelul  
 calibrat 12 cu partea calibrată 11, pe care se așază  
 suprafața sferică a cărei rază trebuie determinată.

Lentila se fixează cu palpatorul 8 ținut apă-  
 sat de greutatea 9, care se poate deplasa în sus și în  
 jos, cu ajutorul ghidajului pătrat 10, a cărui pozi-  
 ție se fixează cu șurubul 15.

Iluminarea sistemului optic din interiorul co-  
 loanei se face prin reflexie cu ajutorul oglinzii re-  
 glabile 14. Pistonul cu palpatorul 7 este acționat  
 printr-un sistem de pîrghii 17, a cărui poziție în  
 stare de repaus este blocată cu șurubul 16. Pentru



ca aparatul să măsoare prin comparație se folosește palpatorul 18.

Aparatul se poate aduce în poziție orizontală cu ajutorul șuruburilor de reglare 19 și a nivelei sferice 20.

Modul de lucru. Se aduce aparatul în poziție orizontală cu ajutorul șuruburilor de reglare 19 și nivelul 20. Se curăță foarte bine suprafața pe care se așază inelul calibrat 12 al bușei 13. Se curăță inelul calibrat pe suprafața lui de așezare și pe suprafața calibrată. Se reglează oculatorul 6 astfel ca imaginea celor două scări să fie clară.

Pe suprafața inelului calibrat se așază un calbru plan, care se fixează cu ajutorul palpatorului 8, a cărui poziție se blochează cu șurubul 15.

Se blochează șurubul 16, lăsând pîrghia 17 liberă, care aduce palpatorul 7 în contact cu suprafața plană. Se citește în ocularul 6 (fig.23.7) poziția palpatorului astfel: pe scara a poziția milimetrilor, în dreptul liniuței care a depășit vârful indicelui. Cu șurubul micrometric al ocularului se aduc cele două fire paralele astfel încît să încadreze reperul următor și se citesc micrometrii și se apreciază restimea de micrometru. Apoi se aduce pîrghia 17 în poziția de repaus, se blochează cu șurubul 16 și în locul calibrului plan se așază lentila a cărei rază vrem s-o determinăm.

Lentila se fixează tot cu ajutorul palpatorului 8 și se deblochează șurubul 16, lăsând pîrghia 17 liberă, care deplasează pistonul cu palpator 7 ce vine în contact cu suprafața sferică. Se citește în ocularul 6 cea de a doua poziție a palpatorului. Diferența celor două citiri dă înălțimea  $h$ . Se calculează apoi



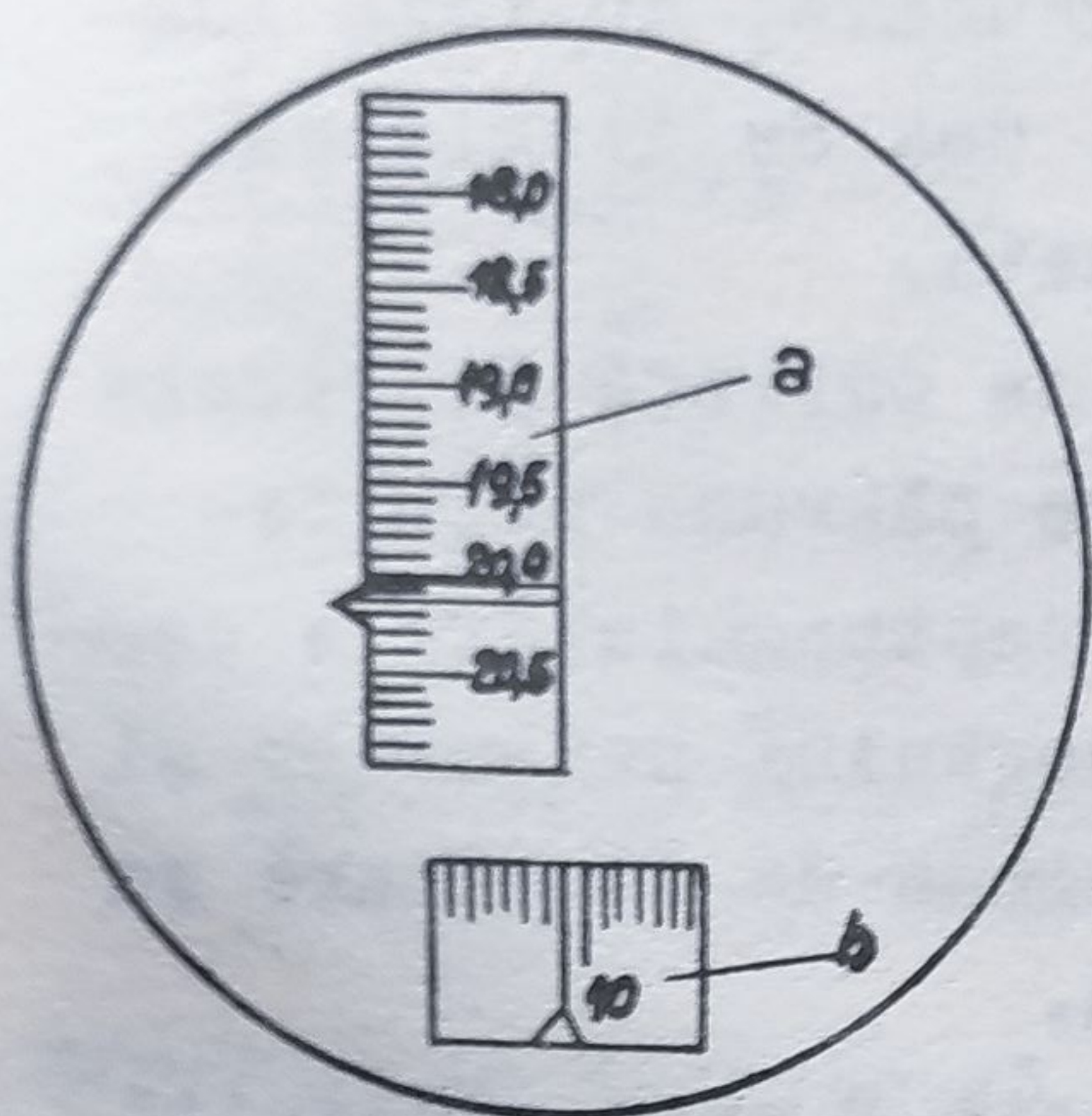


Fig.23.7. Imaginea în ocular:

- a- scara în milimetri, zecimi de milimetri;
- b- scara în microni.

se face cu refractometrul Abbe.

Refractometrul Abbe se compune din următoarele părți principale (fig.23.8): suportul aparatului este alcătuit din stativul 1, pe care este fixată rigid coloana de susținere 2. De coloana de susținere 2, sînt prinse pe o parte garnitura de prisme 3 și 3', iar pe cealaltă parte o carcasă 4, în care este montat sistemul optic și scara gradată, trasată pe un sector de sticlă. Oglinda 5 este prinsă cu șurubul 6 de susți-

raza conform primei formule, cunoscînd raza inelului calibrat folosit.

În cazul cînd în locul calibrului plan se folosește suprafața conjugată, diferența celor două citiri va fi  $2h$  care se introduce în formula a doua (din certificatul de însoțire se cunosc razele exterioare și interioare ale inelului calibrat folosit). Se calculează apoi raza de curbura.

#### 23.4. Verificarea proprietăților sticlei optice

##### 23.4.1. Determinarea indicelui de refracție



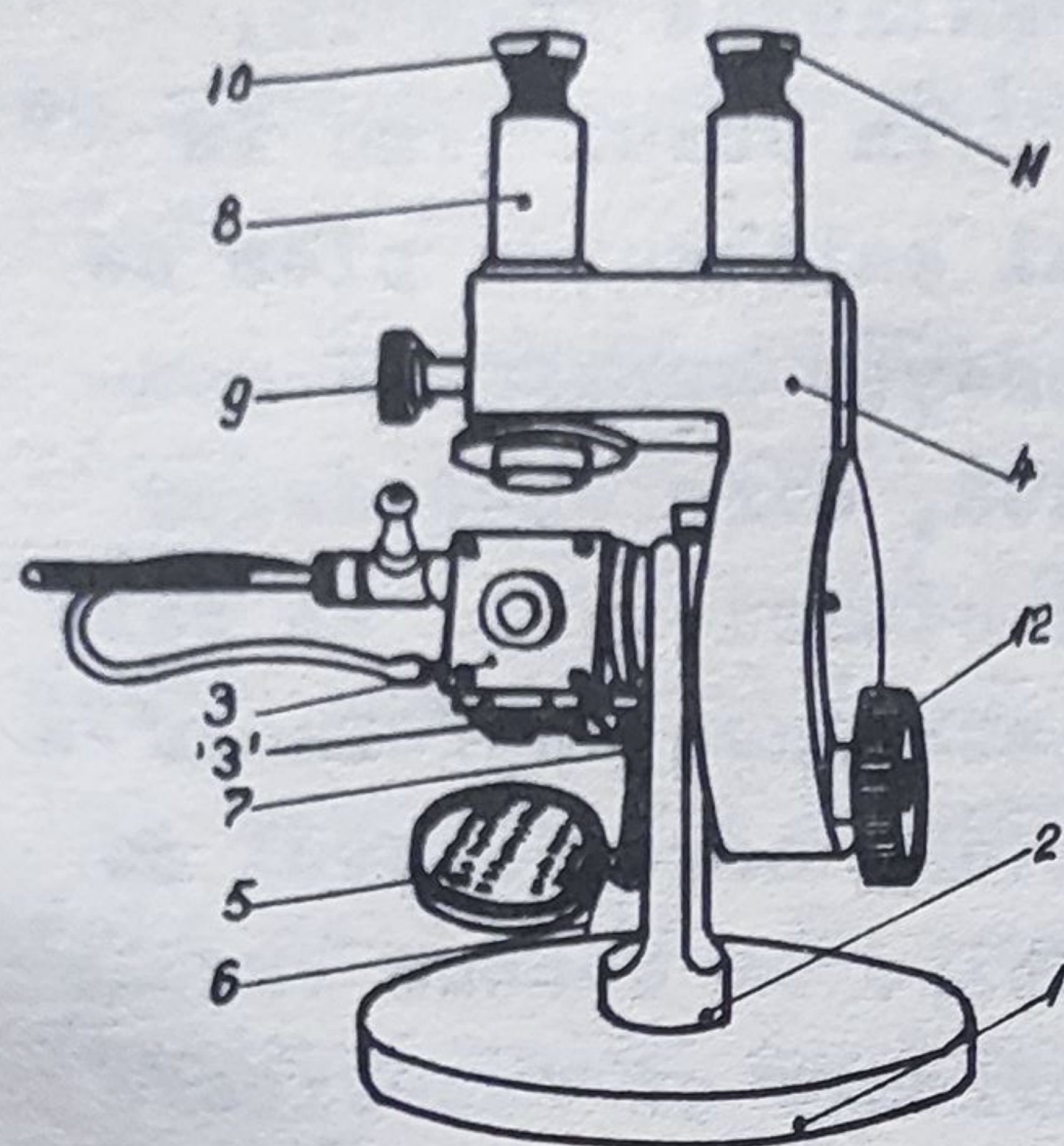


Fig.23.8. Refractometrul Abbe.

nătorul mobil 7; oglinda are două mișcări de rotație.

Garnitura de prisme 3 este formată din două prisme, una de măsurare, cu fața lustruită și una de iluminare, cu fața mată.

De la oglinda 5, razele reflectate pătrund prin fereastra dreptunghiulară a carcasei suportului prismelor și cad pe prisma de iluminare cu fața mată.

Luneta 8 este alcătuită dintr-un compensator și un ocular 10. Compensatorul aflat

la baza lunetei este format din două prisme Amici identice, ce se pot roti una față de cealaltă cu ajutorul butonului 9.

Ocularul 10 este reglabil în limita  $\pm 3$  dioptrii. Prin rotirea inelului randalinat, obținem o imagine cât mai clară a câmpului vizual. În câmpul vizual al ocularului apare imaginea celor două fire reticulare, împreună cu linia de determinare (fig.23.9) formată la poziția corespunzătoare unghiului limită de refracție.

Lupa 11 este montată în dreptul reperului fix, trasat pe vizorul de sticlă (fig.23.10). Lupa, cu ajutorul inelului randalinat, poate fi deplasată axial cu butonul 12 pentru a se vedea clar imaginea reperului fix și a scării gradate de pe discul de sticlă. Butonul 12 rotește scara gradată. Solidar cu scara



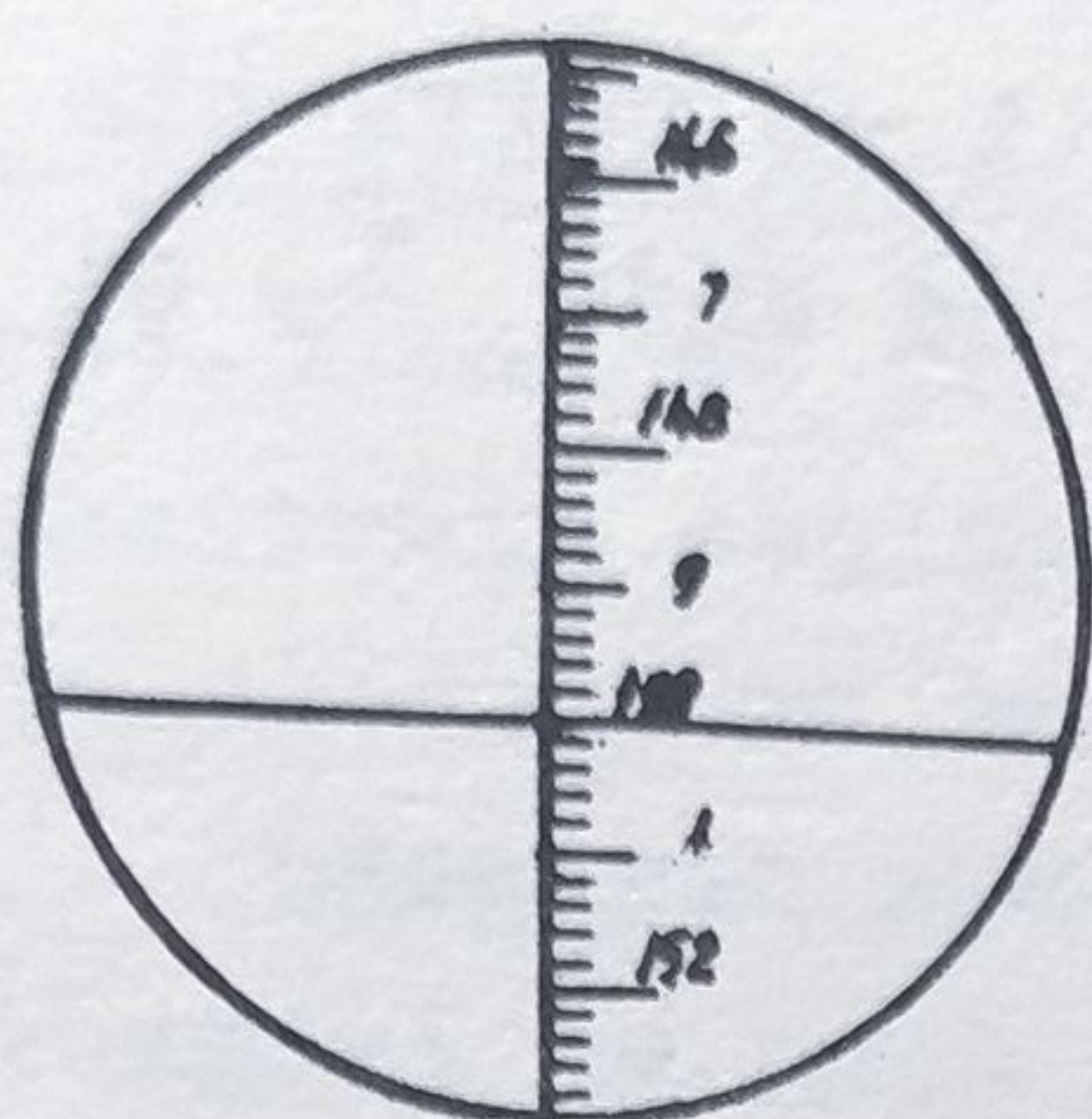


Fig. 23.9. Imaginea observată în ocular.

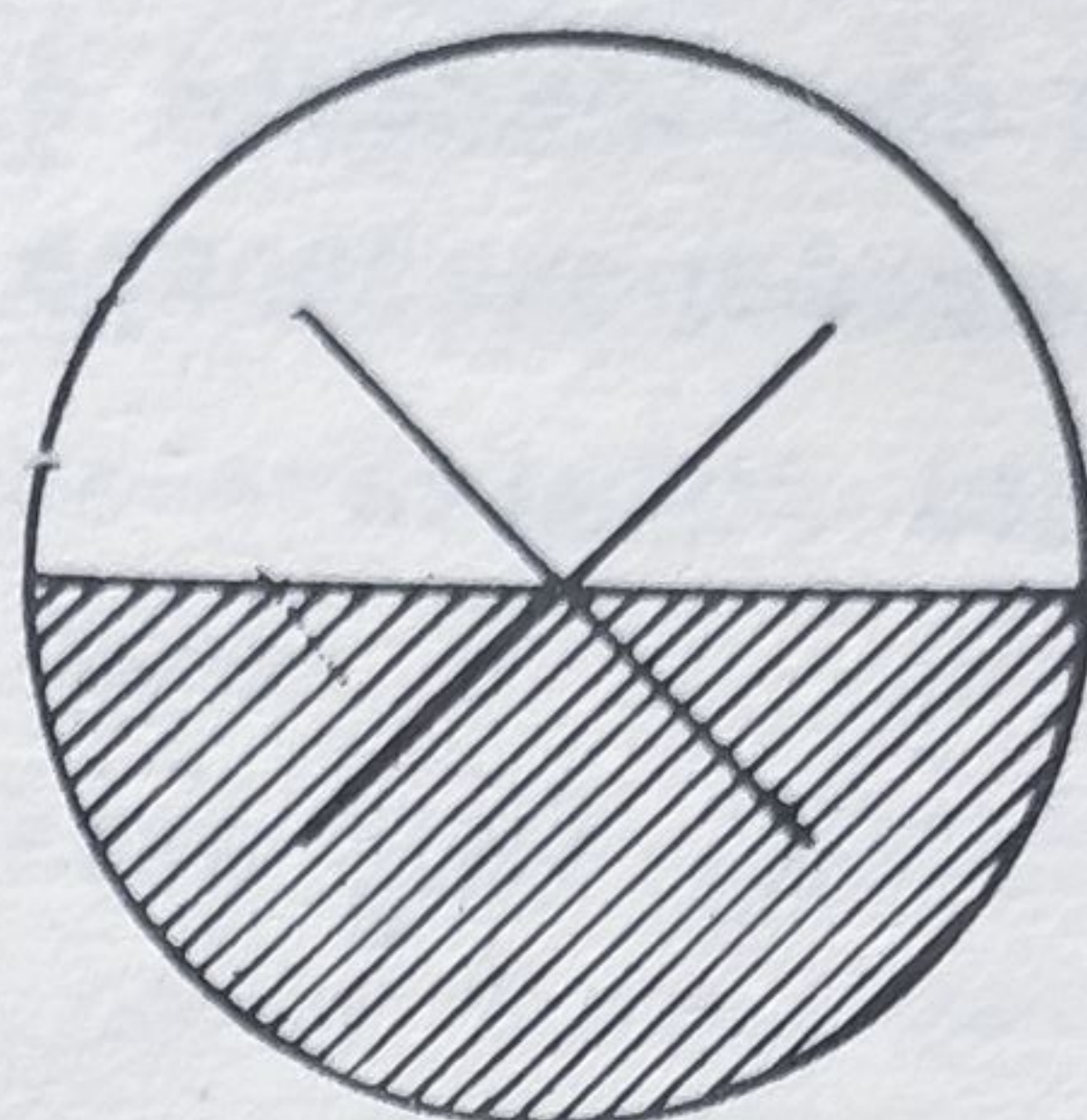


Fig. 23.10. Imaginea observată în lupă.

gradată se rotește și suportul prismelor.

Modul de lucru. Se reglează luneta și lupa pentru ca reticulul respectiv, reperul fix și scara gradată să se vadă clar.

Se deschide blocul prismelor 3, 3' astfel ca suprafața prisme de măsurare să devină accesibilă. Se curăță suprafața prisme de măsurare.

Se luminează aparatul cu o lampă electrică ce dă lumină galbenă de sodiu. Se potrivește oglinda 5 astfel încât câmpul vizual al ocularului să apară luminat omogen. Se curăță plăcuța de măsurat. Cu o baghetă de sticlă subțire cu capul bine rotunjit se pune pe suprafața mare polisată a plăcuței o picătură de alfa-mono-bromnaftalină, cu diametrul de maximum 1 mm. Plăcuța de verificat, prin intermediul picăturii, aderă pe fața prisme de măsurare.

Se obține apoi poziția de refracție limită, când limita de separare a câmpului întunecat față de cel transparent din luneta 10 este la centrul câmpului.



Prin lupa 11 se citește direct indicele de refracție.

Calculul dispersiei medii. Valoarea dispersiei este dată de diferența dintre indicii de refracție ( $n_F - n_o$ ), corespunzătoare lungimilor de undă  $\lambda_F$  și  $\lambda_o$  ale luminii folzite

$$n_F - n_o = A + B \cos 3C,$$

în care:  $n_F - n_o$  este dispersia medie;

A, B - constante ale aparatului;

C - unghiul de compensare citit pe inelul compensator.

23.4.2. Măsurarea transmitanței și absorbantei. Spectrofotometria de absorbție se bazează pe observarea și compararea spectrelor de absorbție.

Spectrul de absorbție este o curbă care arată cantitatea de energie radiantă absorbită la fiecare lungime de undă, adică este o proprietate caracteristică a fiecărui element sau compus chimic.

Prin transmitanță T se înțelege raportul dintre energia radiantă transmisă de proba P și energia incidentă pe probă  $P_o$ .

Aceste două măsurători trebuie executate în aceleași condiții de lucru, adică cu aceeași radiație (lungime de undă) și cu aceeași deschidere a fantei spectrale

$$T = \frac{P}{P_o} \cdot 100\%.$$

Absorbția A este logaritmul negativ în baza 10, al transmitanței:



$$A = - \log T = \log \frac{1}{T} ,$$

unde  $T$  este exprimat în fracții zecimale (nu în procente). Când se folosește etalon pentru transmitanță, transmitanța etalonului se consideră 100%, iar absorbanta etalonului se consideră zero.

Lărgirea spectrală a fantei este domeniul total de lungimi de undă care provin de la fanta de ieșire, prin neglijarea luminii parazite (prin lumină parazită se înțelege lumina din afară care ajunge la celula fotoelectrică, cu lungimi de undă care nu corespund poziției scării lungimilor de undă).

Schema spectrofotometrului pentru determinarea transmitanței și absorbantei este reprezentată în figura 23.11.

Spectrofotometrul se compune din lampa cu filament de wolfram 1, oglinda condensoare 2, oglinda de intrare 3, fanta de intrare 4, oglinda plană 5, prisma Fery 6, fanta de ieșire 7, lentila 8, cuva probei 9, obturatorul 10, celula fotoelectrică 11, amplificatorul 12 și cutia probelor 13.

Lumina dată de lampa cu filament de wolfram 1 cade pe oglinda condensoare 2, care o îndreaptă, sub forma unui fascicul, către oglinda diagonală de intrare 3. Oglinda de intrare reflectă lumina prin fanta de intrare 4 și printr-un monocromator către oglinda plană 5. Lumina albă care cade pe oglinda plană este reflectată spre prisma Fery 6 unde este dispersată în componentele sale de diferite deviații și culori; deviația diferită a culorilor se explică prin faptul că stiola pentru fiecare radiație are alt in-



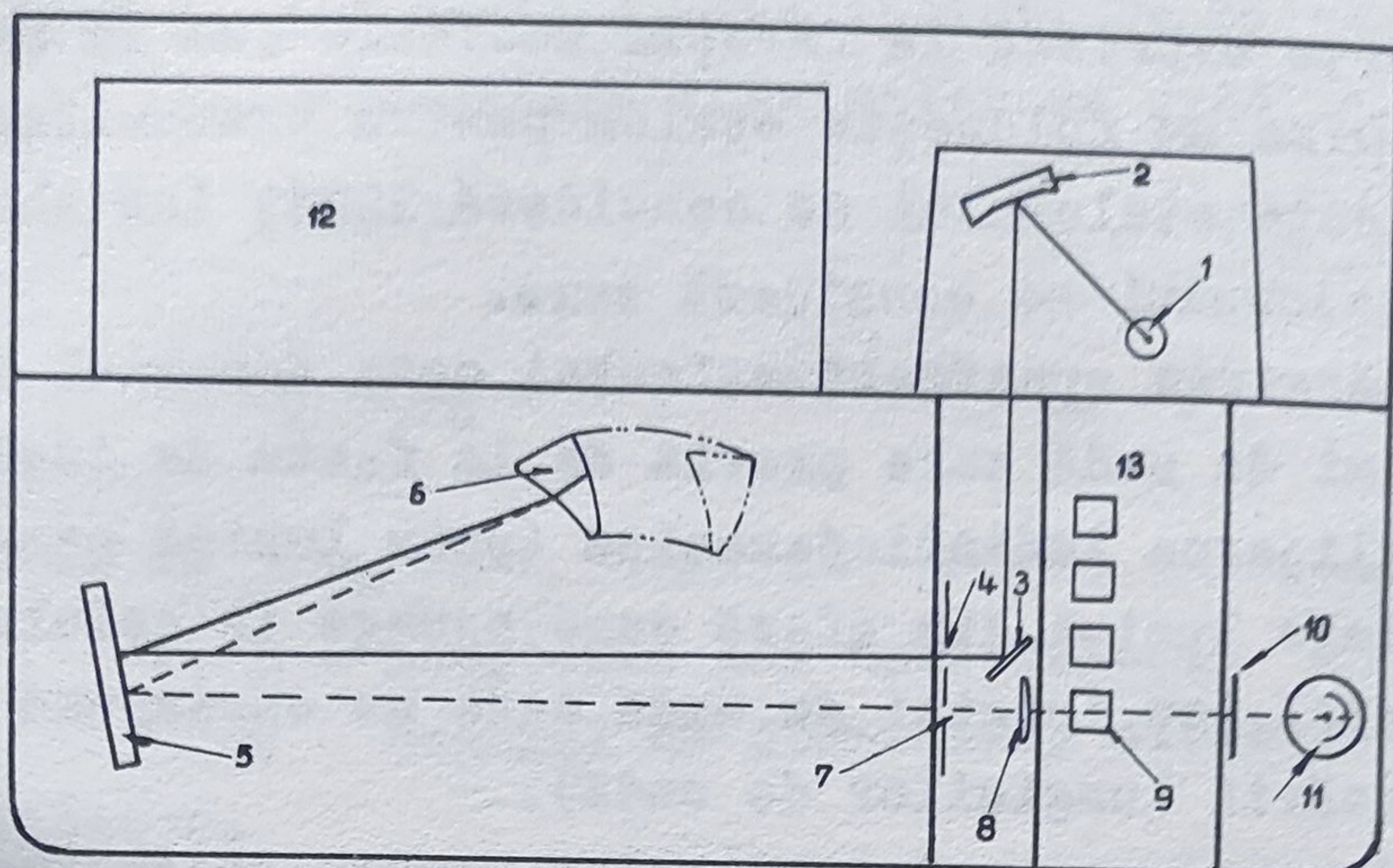


Fig. 14.17/4038

calciu Michaeli

Fig.23.11. Sistemul optic al spectrofotometrului.

dice de refracție. Culoarele simple care compun spectrul sînt în număr mare, dintre care amintim șapte culori: roșu, portocaliu, galben, verde, albastru, indigo și violet (care formează spectrul vizibil).

Pe suprafața din spatele prisme este depus aluminiu, așa încît lumina care se refractă pe suprafața din față a prisme și este transmisă prin prismă, este reflectată înapoi de suprafața aluminată, suferind o refracție suplimentară cînd iese din prismă. Distanța focală a prisme variază cu lungimea de undă. Pentru a păstra poziția planului focal, se rotește selectorul lungimilor de undă care reglează poziția prisme. Lumina monocromatică cu lungimea de undă dorită este trimisă înapoi pe oglinda plană 5, unde este reflectată și trece prin fanta de ieșire regla-



bilă 7, prin lentila 8 și prin proba 9.

Lumina transmisă prin probă cade pe celula fotoelectrică (pentru  $\lambda$  cuprins între 320 la 675 m  $\mu$  m se utilizează o celulă, iar pentru  $\lambda$  cuprins între 675 și 1 000 m  $\mu$  m se schimbă celula) provocând creșterea curentului electric indicat de aparatul de măsurat.

Spectrofotometrul arătat în figura 23.12 este compus din următoarele părți componente: un amplificator de curent continuu cu mare amplificare, sursa de lumină, componentele schemei optice, cuvele de absorbție și receptorul fotoelectric.

Buțoanele pentru reglaj sînt dispuse pe panoul din față.

Alimentarea lămpii cu filament de wolfram se face la 6 V, cu curent continuu.

Modul de lucru. Se verifică poziția de zero a aparatului de măsurat. Dacă acul nu este pe zero se rotește de șurubul pentru aducerea la zero.

Se manevrează întrerupătorul de rețea care introduce curent în aparat; alimentarea este semnalizată de becul de semnalizare. Lîngă întrerupătorul de rețea se află întrerupătorul pentru alimentarea lămpii cu filament de wolfram, prevăzut cu bec de semnalizare. Comutatorul sensibilității 3 în momentul montării celulei fotoelectrice se pune pe poziția rezervă, pentru a nu se da peste cap acul aparatului la variații mari de curent. Celelalte patru poziții 1, 2, 3 și 4 determină factorul de amplificare. Citirile reale ale transmitanței se obțin prin multiplicare cu  $\sqrt{10}$ , dacă sensibilitatea a crescut și prin împărțire cu  $\sqrt{10}$ , dacă sensibilitatea a scăzut.

Cu ajutorul butonului 4 se aduce acul indicator



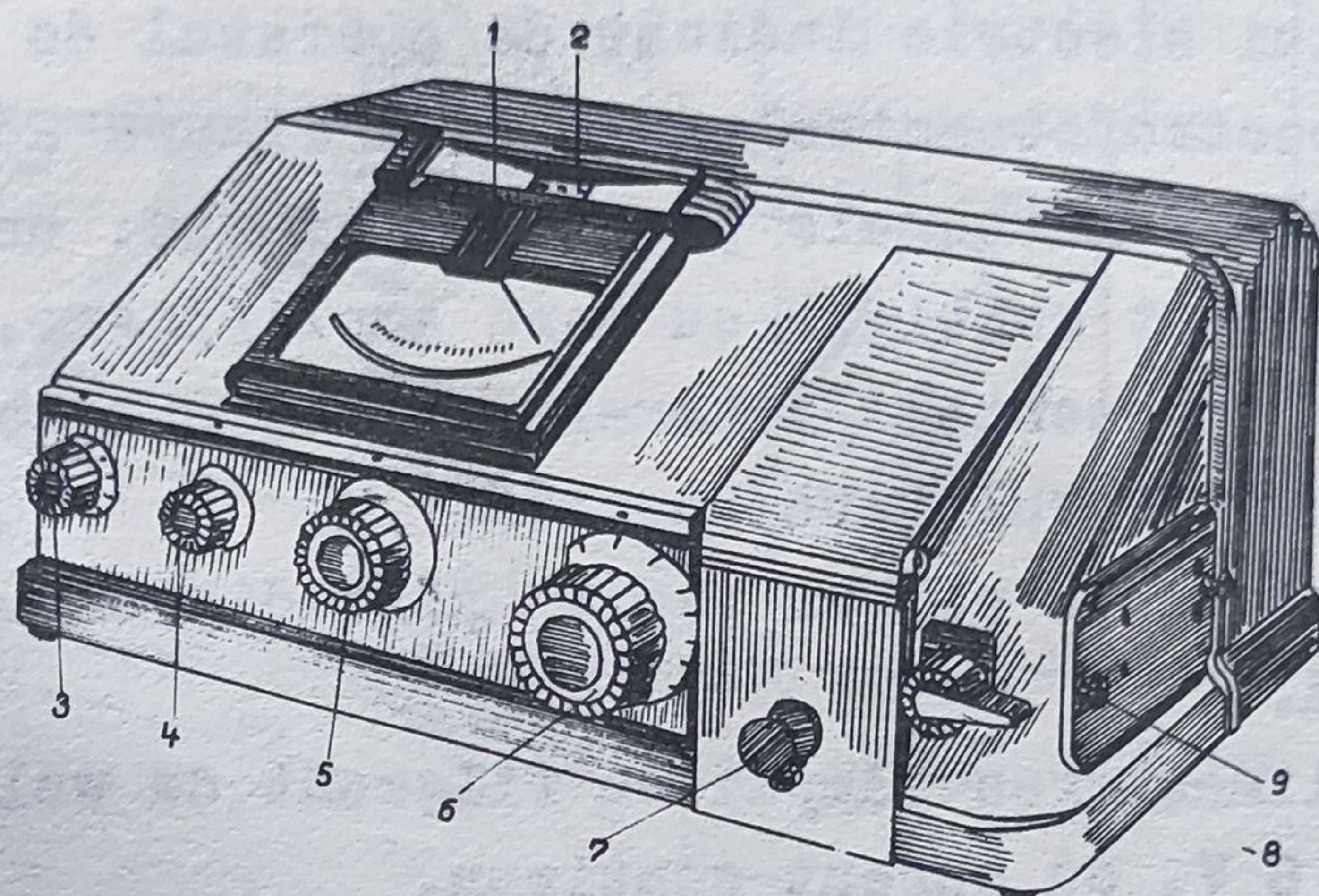


Fig.23.12. Spectrofotometrul model B.

al aparatului pe scara de transmitanță la zero; când butonul obturatorului se află în poziția SHIR, întreaga cantitate de curent este îndreptată spre celula fotoelectrică, iar comutatorul sensibilității este în poziția 4.

Cu ajutorul butonului "selectorul lungimilor de undă" 5, se modifică poziția prismei Fery din monocromator și se stabilește lungimea de undă a luminii care trece prin fanta de ieșire în compartimentul probelor.

Dimensiunile fantelor de intrare și de ieșire sînt modificate cu ajutorul butonului de control al fantei pentru stabilirea poziției de 100%, cu proba de referință în drumul luminii. Se scoate proba de referință din drumul luminii și se introduce proba



de verificat: în cazul acesta pe scala aparatului indicator se citește direct transmitanța în procente.

23.4.3. Determinarea existenței și repartiției tensiunilor în sticlă și alte materiale transparente se face cu polariscopul.

Principiul de funcționare se bazează pe faptul că un fascicul de lumină care trece prin sticlă sau alte corpuri transparente care sînt sub sarcini mecanice suferă o dublă refracție.

Refracția dublă constă în aceea că o rază ce intră în eșantionul de sticlă și ajunge la locul tensionat se descompune în două raze, una ordinară și alta extraordinară, ale căror planuri de polarizare sînt perpendiculare între ele, iar vitezele de propagare sînt diferite.

Dacă se așază un material transparent între cei doi polarizori și analizor) încrucișați la  $45^\circ$  se obțin franjuri întunecoase și luminoase. Aceste franjuri de interferență permit să se tragă concluzii despre repartiția tensiunilor. Acolo unde franjurile sînt mai dense, materialul este solicitat mai mult decît unde sînt mai îndepărtate unele de altele.

Polarizorul și analizorul sînt etalonate pentru radiația  $D = 589 \mu\text{m}$ , amîndouă cu o diferență de drum de  $157 \mu\text{m} \pm 15 \mu\text{m}$ .

În timpul lucrului atît polarizorul cît și analizorul au posibilitatea să se rotească unul față de altul, cum și amîndouă față de eprubeta de verificat.

23.4.4. Puterea diferitelor lentile de ochelari și lentilelor simple se face cu frontifocometrul (fig. 23.13). Cu acest aparat se pot determina:



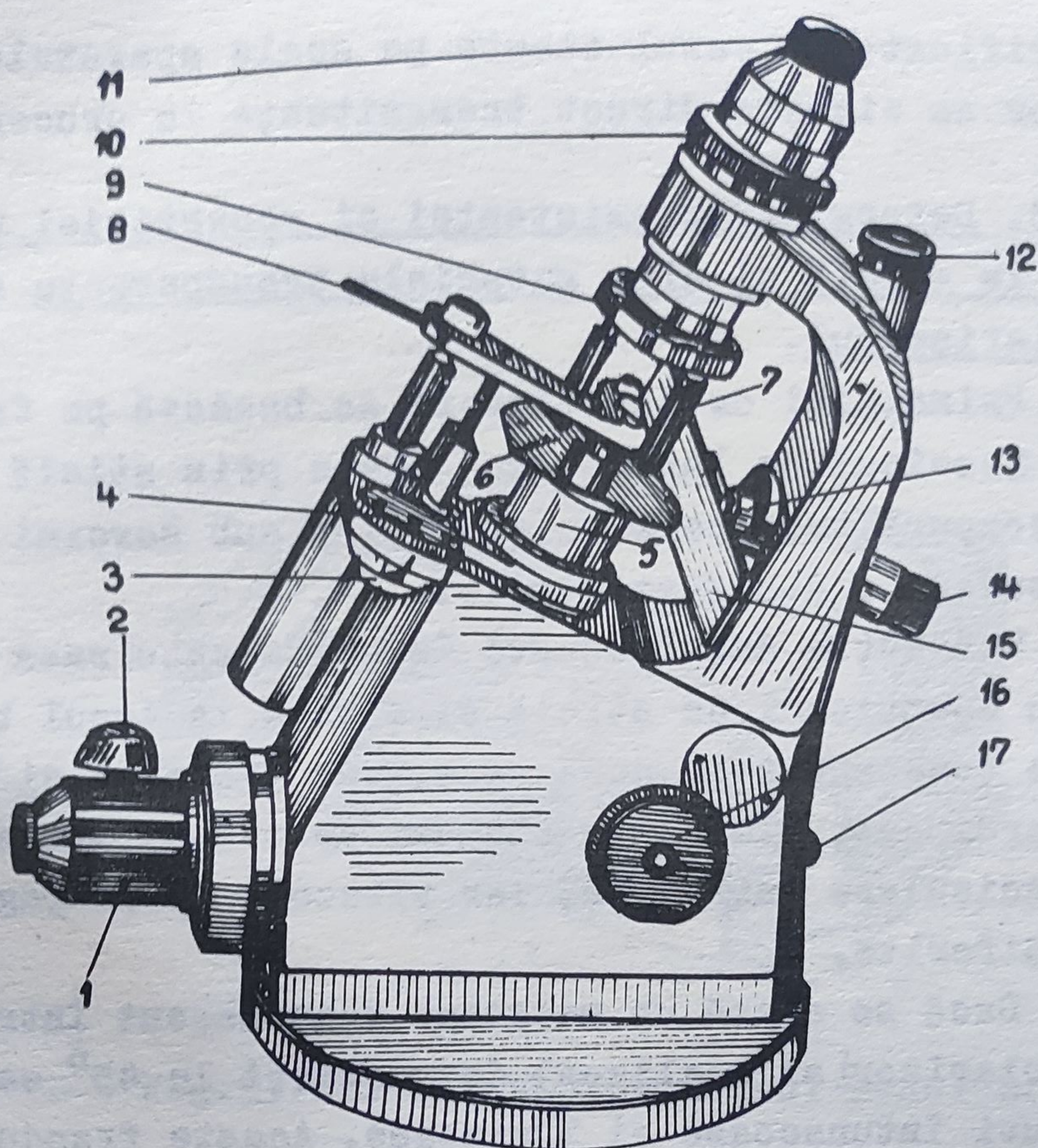


Fig.23.13. Frontifocometru:

1- bec; 2- întrerupător; 3- șurub de fixare; 4- tușieră; 5- dispozitiv pentru semne negre; 6- știfturi de marcat; 7- fixator pentru lentilă; 8- maneta pentru acționarea știftului; 9- repere negre; 10- inel; 11- ocular de vizare; 12- ocular de citit; 13- tambur gradat; 14- șurub de acționarea riglei; 15- rigla de îndreptare; 16- buton reglaj optic; 17- fereastra de control.

- puterea dioptrică la centrul lentilelor cu axe simetrice și astigmatice, precum și a combinațiilor, de lentile refractante în intervalul de  $-25,0$  dioptrii la  $+ 25,00$  dioptrii;

- direcția intersecțiilor principale la lentilele astigmatice;



- acțiunea prismatică 0 și 6,5 dioptrii și direcția bazei lentilelor prismatice.

Modul de lucru. Observatorul care suferă de astigmatism va trebui să-și păstreze ochelarii de distanță în timpul lucrului, iar cel ce poartă ochelari cu corecție sferică poate lucra fără ochelari. Modul de lucru este următorul:

Se introduce aparatul în priză și se aprinde becul.

Se pune la punct ocularul de citit 12 pe scala de dioptrii.

Cu ajutorul butonului 16 se pune scala de dioptrii pe zero.

Se deplasează apoi ocularul de vizare reglabil 11, până când reperul de control (puncte luminoase dispuse în cerc), reticulul cruce (care se poate roti cu ajutorul inelului 10) și scala de grade Tabo nu vor apărea clare.

Se fixează lentila de ochelari pe suport cu ajutorul dispozitivului de menținere 7. Îndreptarea unei lentile de ochelari astigmatice se face cu ajutorul piesei 5 și 9 și a riglei de îndreptare 15 a cărei deplasare se efectuează cu ajutorul șurubului 14 și apoi se citește pe scala 13.

Se pune la punct imaginea reperelor de control cu ajutorul butonului 16.

În cazul lentilelor cu axe simetrice imaginea reperului de control este un cerc format din puncte luminoase. Lentilele astigmatice transformă imaginea punctelor în linii luminoase în forma unor dungi. Pentru a determina direcțiile secțiunilor principale cu ajutorul inelului striat 10 se pune una din lini-



le reticulului cruce, paralelă cu dunga luminoasă din imaginea reperului de control. Se citește valoarea obținută pe scala de grade Tabo în ocularul de vizare reglabil 11.

Puterea de refracție pentru o lentilă sferică, respectiv astigmatică, se citește în ocularul de citire 12.

Pentru determinarea acțiunii prismatice și a poziției bazei prin ocularul 11 se privește reperul de control, adică inelul format din punctele luminoase verzi care formează o bandă de linii luminoase când sînt privite în cursul măsurării lentilelor astigmatice. Se remarcă că direcția liniilor luminoase este perpendiculară cu imaginea secțiunii principale care trebuie obținută.

Suportul de lentile și rigla de îndreptare permit orientarea cu ajutorul unor repere negre a lentilelor de ochelari.

Cu ajutorul dispozitivului de trasat pot fi însemnate prin reperare centrul optic față de centrul geometric (pentru centrare), direcțiile secțiunilor principale și direcția bazei, respectiv linia de referință orizontală.

După centrare se obține o imagine clară (focusată) a liniilor luminoase prin secțiunea principală cea mai groasă. Presupunem, că prin ocularul de citit se văd -5 dioptrii.

Se aduce apoi una din liniile crucii reticulului manevrînd inelul 10, paralelă cu liniile luminoase. În acest caz arcu gradat Tabo arată  $170^{\circ}$  (direcția puterii dioptrice mai slabe).

Se îndreaptă una din liniile crucii reticulului



spre mijlocul scalei de linii luminoase. Pe diviziunile crucii reticulului, în ocularul 12, se citește 5 dioptrii prismatice, care pe arcu gradat arată  $135^{\circ}$  (în direcția bazei).

Se obține apoi o imagine clară a liniilor luminoase prin secțiunea principală cea mai subțire. În ocularul indicator 12 se citește -3 dioptrii. Linia crucii reticulului îndreptată în operația a treia se află iarăși cu diviziunea a treia a scalei dioptriilor prismatice în mijlocul scalei de linii luminoase.

Lentila se notează: -3,0-5,0, axa  $170^{\circ}$ ; 3 dioptrii prismatice baza  $135^{\circ}$ .

### 23.5. Controlul centrării lentilelor

Centrarea lentilei se poate determina prin constatarea uniformității grosimii la margine. Verificarea se poate face cu un aparat care folosește autocolimatorul (fig.23.14).

Lentila 1 se așază pe puntea 3, sprijinită pe trei știfturi.2. Pe lentilă se așază suportul 5 și oglinda 6, prin intermediul a trei piciorușe 4. Suportul pe care se așază lentila este reglat în poziție orizontală. În cazul în care lentila este centrată, marginile lentilei au grosime uniformă și deci și oglinda 6 este în poziție orizontală; dacă grosimea marginii nu este uniformă, oglinda 6 este înclinată și deci imaginea punctului A în loc să fie fie A va fi A'. Se măsoară cu autocolimatorul deplasarea  $\Delta a$  spotului luminos. Diferența de grosime  $\Delta t$  se calculează cu formula:



$$\Delta t = \frac{\Delta D}{2f} ,$$

în care: D este diametrul cercului pe care sînt așezate știfturile de sprijin, în mm;

$f'$  - distanța focală a obiectivului, în mm.

În cazul șlefuirii medii și fine se folosesc aparatele și instrumentele de la șlefuirea brută care asigură precizia de măsurare a cotei.

Diametrul se măsoară după degroșare, cu șublerul, iar după operația de centrare, cu micrometrul.

**23.6. Verificarea distanțelor focale și frontifocale.** Verificarea distanțelor focale și frontifocale se face pe bancul optic. În figura 23.15 sînt reprezentate elementele geometrice, ce caracterizează un sistem optic convergent. Poziția vîrfurilor sistemului S, S' și poziția focarelor principale F, F' se observă direct. Prin măsurătoare directă se determină frontifocalele

$$f = FS \text{ și } f' = F'S'$$

Prin calcul se determină

poziția punctelor principale H și H', cum și distanțele focale  $f = fH$  și  $f' = F'H'$ .

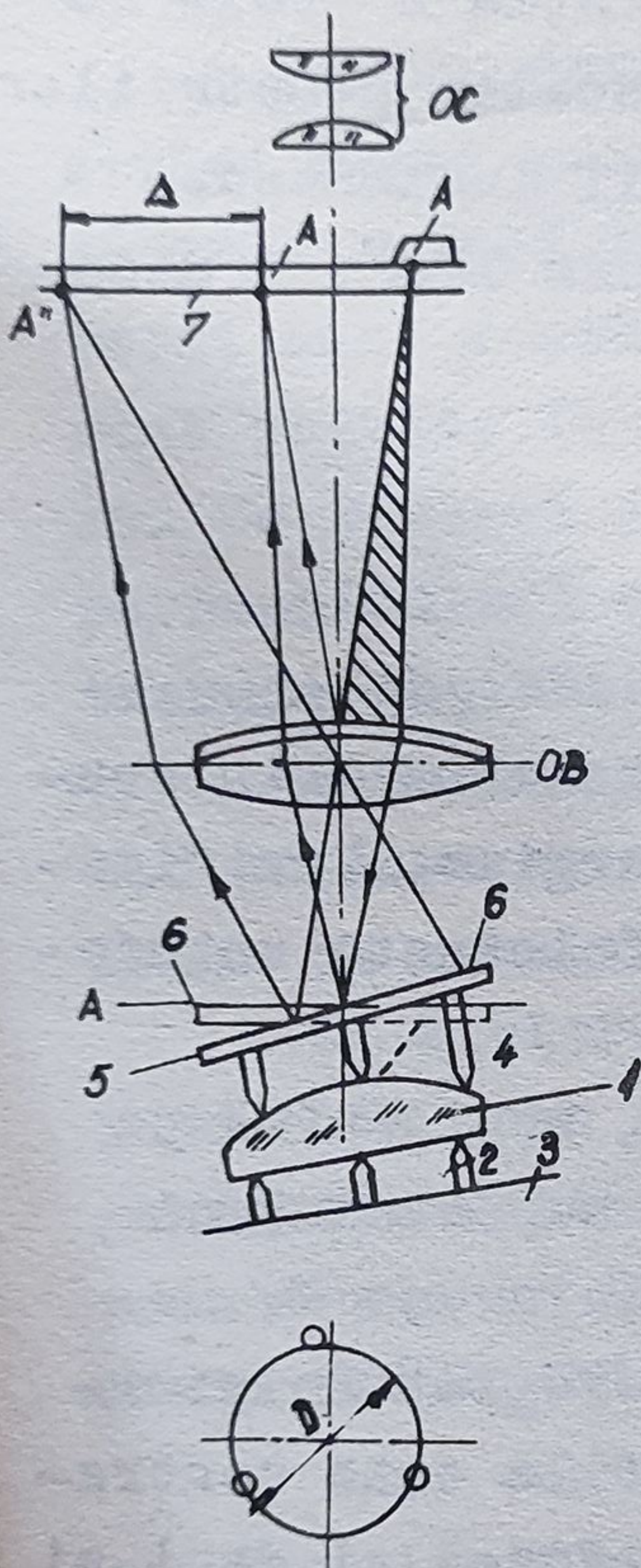


Fig.23.14. Aparat pentru verificat uniformitatea grosimii la margine a lentilelor.



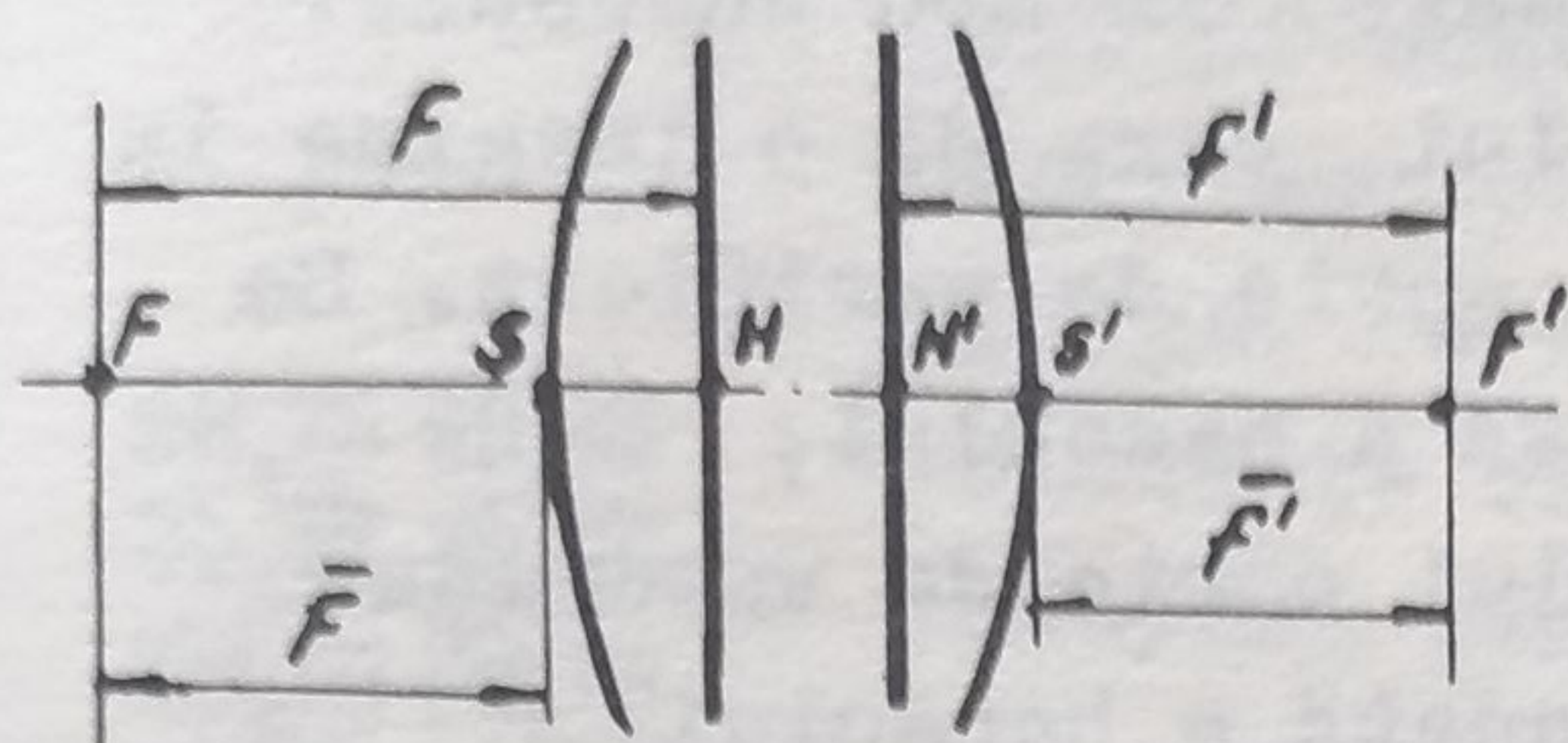


Fig. 23.15. Schema unui sistem optic convergent

verificat; vizorul microscop M ce are posibilitatea de deplasare de-a lungul axei optice a bancului și transversal pe axul bancului.

Bancul optic reprezentat în figura 23.16 este format din: colimatorul C, reglat pe infinit, care conține obiectivul 1, în al cărui plan focal se află montat reticulul 2, iluminat prin filtrul verde 3 de becul 4; dispozitivul suport D pe care se fixează sistemul optic de

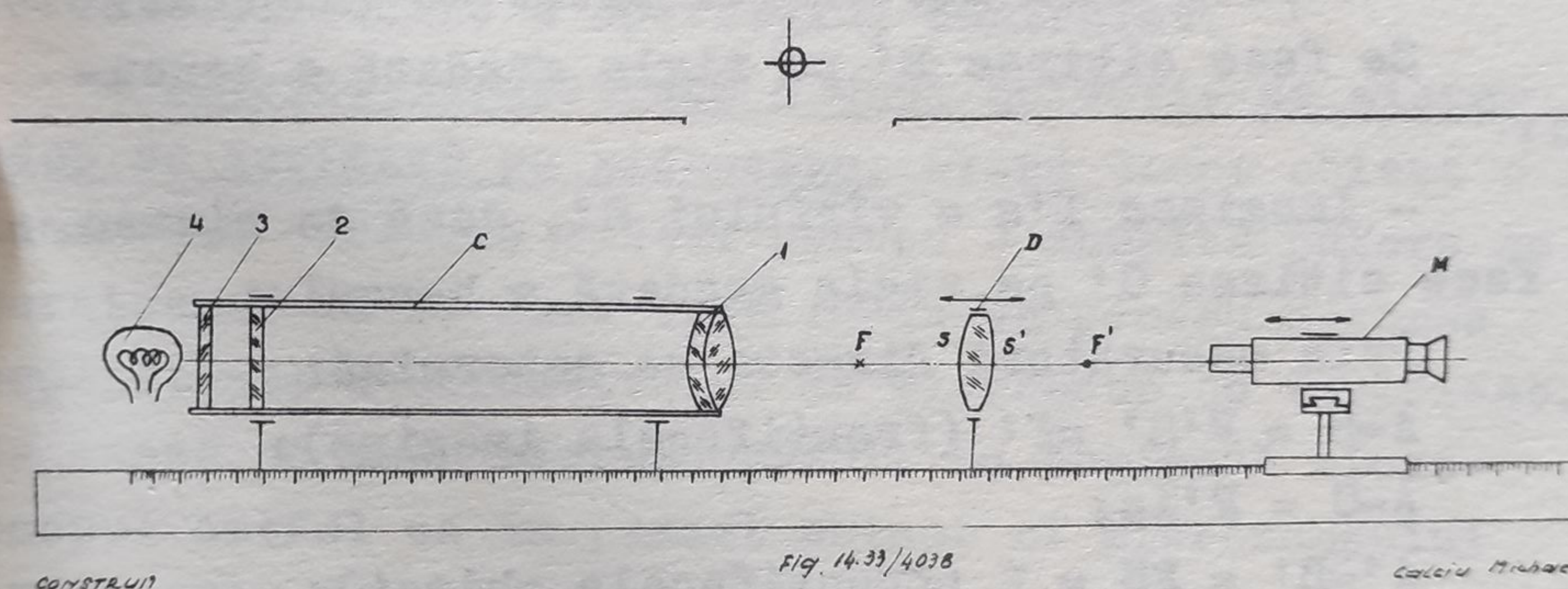


Fig. 23.16. Bancul optic.

Modul de lucru. Având colimatorul reglat pe infinit se luminează reticulul cu lumină monocromatică. Se centrează sistemul optic (colimatorul, lentila de verificat și microscopul de vizare).

Se pune la punct vizorul-microscop pe reticulul său în mod progresiv și se oprește imediat ce se observă net reticulul.



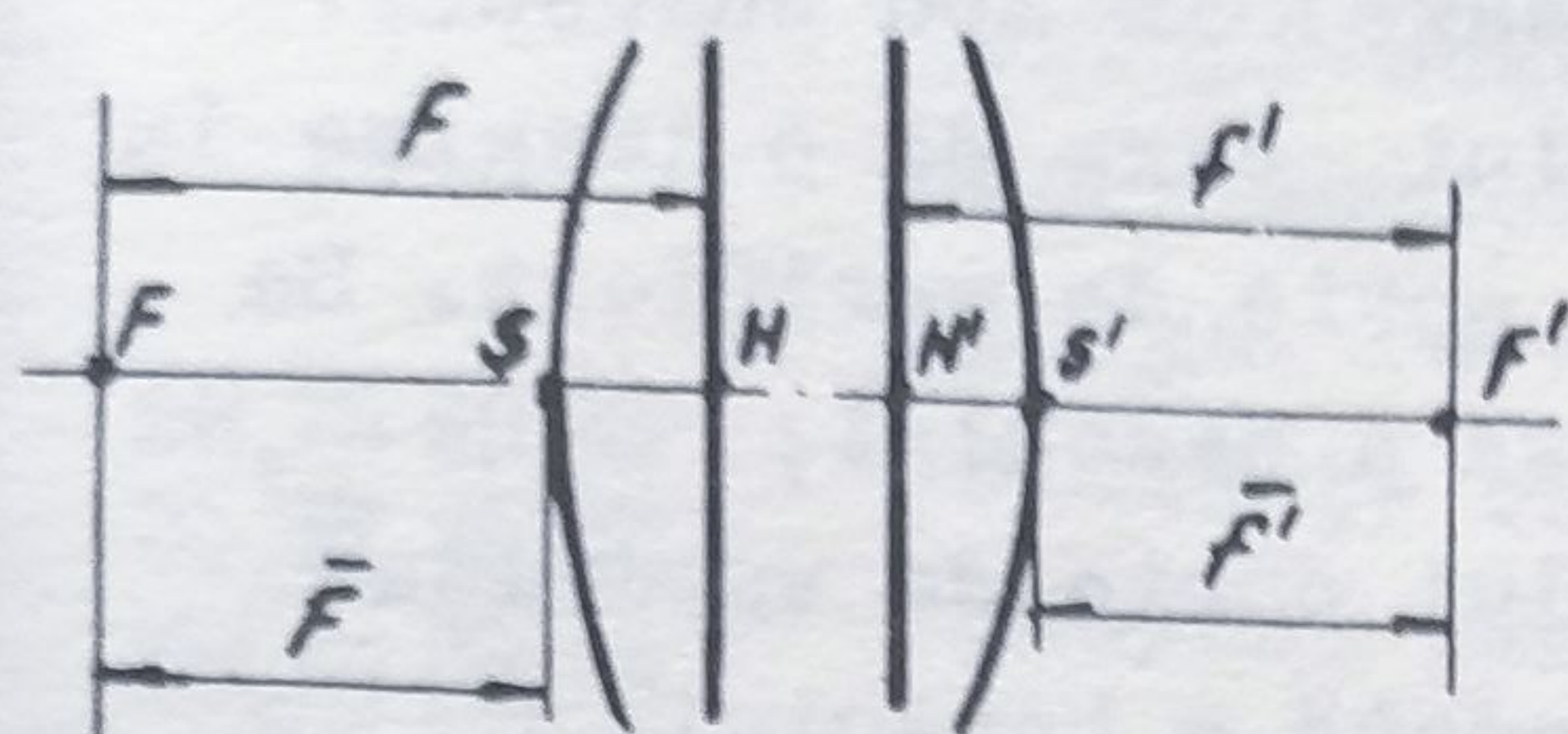


Fig. 23.15. Schema unui sistem optic convergent

verificat; vizorul microscop M ce are posibilitatea de deplasare de-a lungul axei optice a bancului și transversal pe axul bancului.

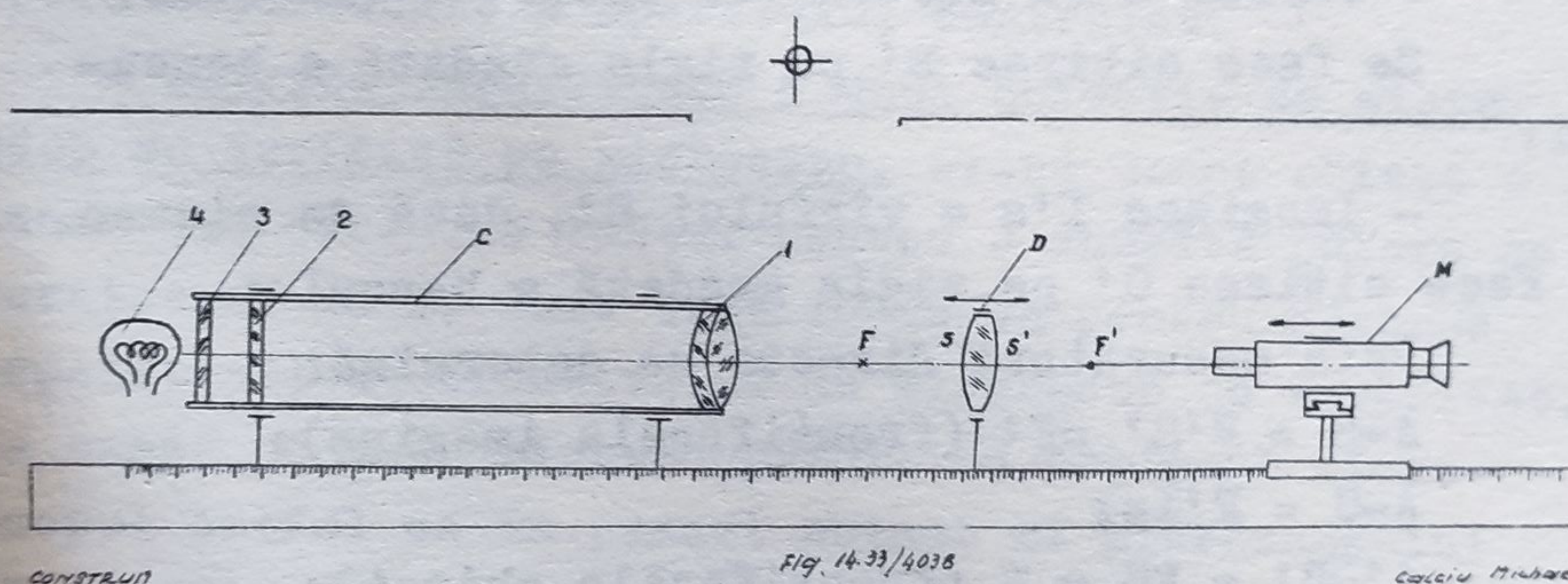


Fig. 23.16. Bancul optic.

Modul de lucru. Având colimatorul reglat pe infinit se luminează reticulul cu lumină monocromatică. Se centrează sistemul optic (colimatorul, lentila de verificat și microscopul de vizare).

Se pune la punct vizorul-microscop pe reticulul său în mod progresiv și se oprește imediat ce se observă net reticulul.



Se deplasează apoi vizorul-microscop în lungul bancului și se colimează (vizează) în mod succesiv:

- reticulul colimatorului, care dă o imagine în planul focal  $F'$  al sistemului optic de verificat. Se face citirea  $A$  pe rigla gradată a bancului;

- vârful  $S'$  al sistemului optic de verificat. Se face citirea  $B$  pe rigla gradată a bancului;

- imaginea  $I_s$  a vârfului  $S$  dată de sistem. Se face citirea  $C$  pe rigla gradată a bancului.

Se întoarce sistemul optic de încercat și se colimează în același mod:

- reticulul colimatorului care dă o imagine în planul focal  $F$  al sistemului optic de încercat. Se face citirea  $A'$  pe rigla gradată a bancului;

- vârful  $S$  al sistemului optic de încercat. Se face citirea  $B'$  pe rigla gradată a bancului:

- imaginea  $I'_s$  a vârfului  $S'$ , dată de sistem. Se face citirea  $C'$  pe rigla gradată a bancului.

Prin măsurători directe se determină:

$$A-B = F'S' = f' \text{ (frontifocala imagine);}$$

$$A-C = F'I_s;$$

$$A'-B' = FS = f \text{ (frontifocala obiect);}$$

$$A'-C' = F I_s.$$

Calculul focalei sistemului se face cu formula:

$$f^2 = (A'-B') (A-C) = (A-B) (A'-C').$$

### 23.7. Verificarea puterii separatoare

Puterea separatoare se determină cu ajutorul unei mire (fig.23.17) de probă. Aceste mire de probă



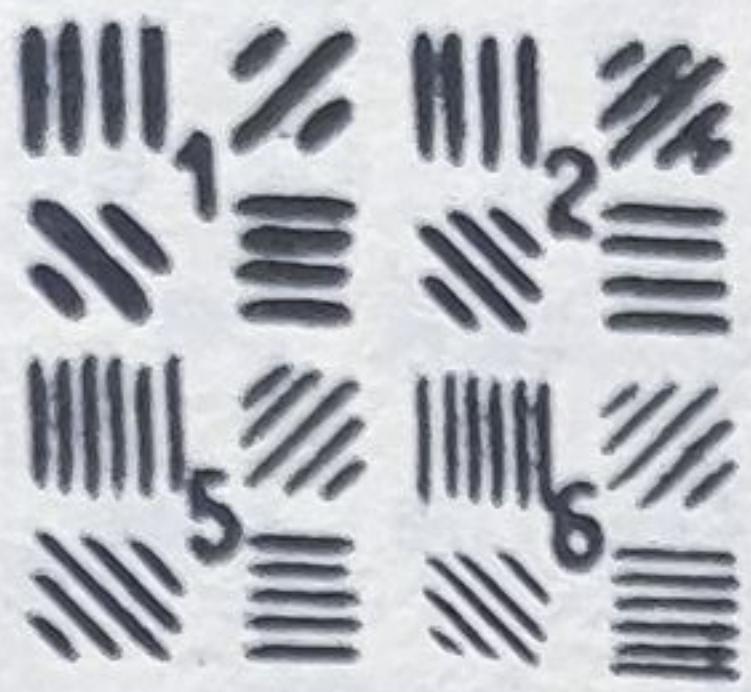


Fig. 23.17  
Mira pentru  
puterea se-  
paratoare.

pot fi montate pe turnuri la distanțe mari sau printr-un colimator cu focală lungă. Pe mire sînt desenate linii la distanțe și de mărimi exacte, care corespund pentru anumite valori ale puterii separatoare în secunde. Aceste valori sînt indicate prin cifre.

#### Puterea separatoare a unei lunete.

Luneta de verificat se așază în fața colimatorului și se observă care din liniile cele mai apropiate se disting.

Se citește cifra care indică aceste linii; din tabelul colimatorului se vede care este puterea separatoare a aparatului controlat.

Puterea separatoare a unui obiectiv de microscop se verifică pe microscop, avînd drept obiect o lamă test care are testul pentru o anumită putere separatoare. Se ia lama test indicată pentru puterea separatoare a obiectivului de microscop de verificat. Se așază pe masa microscopului. Se reglează microscopul astfel ca în planul obiect al microscopului să se afle lama test, adică se face punerea la punct a microscopului (microscopul fiind centrat).

Se observă dacă se vede rețeaua testului și pe ce porțiuni din cîmp se vede clar rețeaua.

În felul acesta se constată dacă obiectivul supus controlului respectă condiția de putere separatoare prescrisă în documentația lui de execuție.

### 23.8. Verificarea dedublării prismelor

Verificarea dedublării prismelor se face pe un aparat special. În principiu acest aparat este con-



struit dintr-un colimator cu focală lungă în al cărui plan focal este montată o miră test, un dispozitiv similar cu suportul lentilei de la bancul optic pentru prismă și un vizor microscop.

Modul de lucru. Prisma de verificat se așază pe suport. Se aduce aparatul în condițiile normale de lucru. Se pune la punct vizorul microscop pe mira test a colimatorului pentru poziția pentru care testul are conturul cel mai net. Dacă se obține o imagine clară a testului, prisma este bună. În cazul în care nu se obține imagine clară, prisma dedublează și deci nu este corespunzătoare. Pentru a se evita interpretările diferite aparatul, este dotat cu o prismă etalon de calitate minimă a imaginii.

### 23.9. Verificarea și măsurarea sistemelor optice

23.9.1. Măsurarea grosismentului. Grosismentul  $G$  în cazul unei lunete este:

$$G = \frac{2r}{2\rho}$$

în care:

$G$  este grosismentul;

$r$  - raza pupilei de intrare;

$\rho$  - raza pupilei de ieșire.

Măsurarea grosismentului se face cu ajutorul dinametrului Ramsden.

Aparatul se compune din două tuburi care pot să alunece unul în celălalt. Tubul de diametru mic conține o lentilă  $L$ , iar tubul de diametru mare are un



micrometru M (fig.23.18). Se potrivește lupa L astfel încât să se vadă clar diviziunile micrometrului M, apoi se deplasează întreg aparatul încât cercul ocular (imaginea obiectivului dată de ocular) să se formeze pe micrometrul M.

Dimensiunea pupilei de intrare se cunoaște precis, ea fiind constituită dintr-o diafragmă cu un orificiu dat. Se măsoară cu ajutorul dinametrului imaginea orificiului care se formează pe micrometrul M, adică  $2\rho$ , iar prin împărțire obținem valoarea măririi unghiulare.

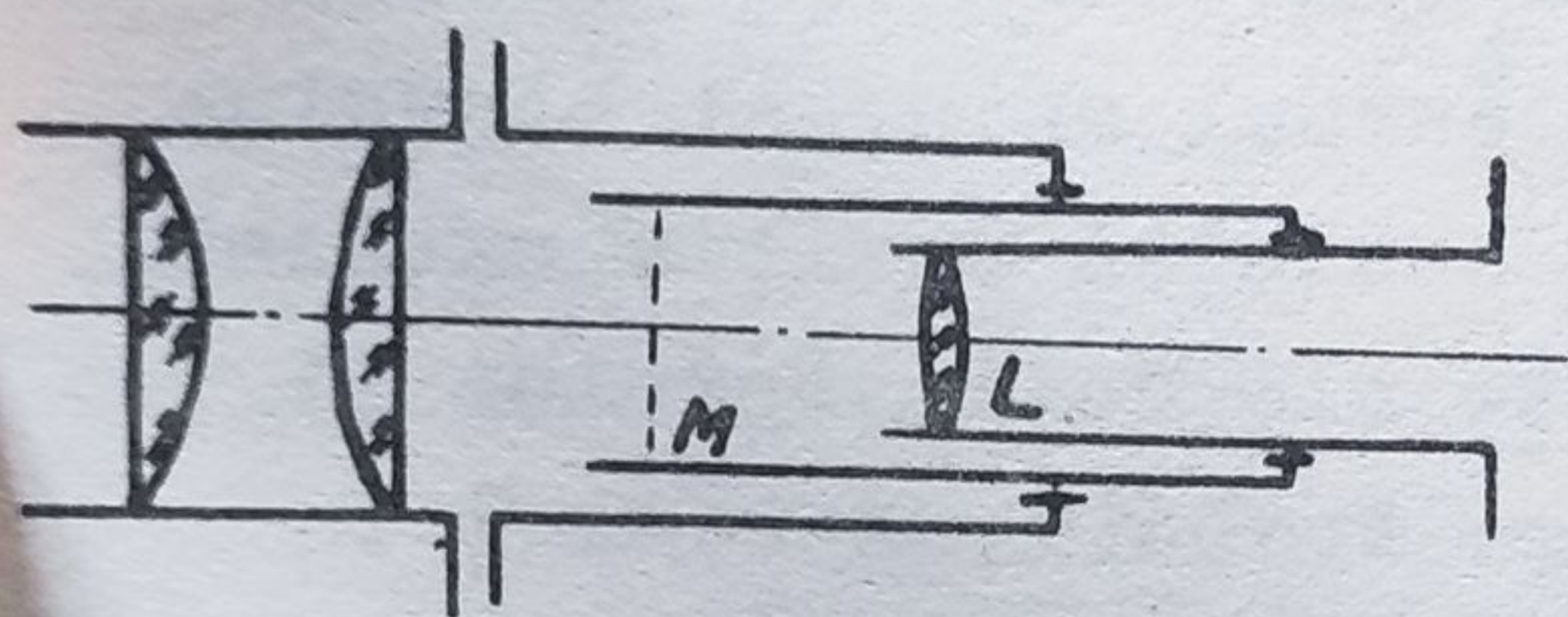


Fig.23.18. Dinametru Ramsden.

23.9.2. Verificarea paralelismului axelor. Verificarea paralelismului axelor unui aparat binocular (binoclu) se face cu un colimator cu diametru mare, sau cu două colimatoare cu axe paralele la distanță fixă

între ele, și cu ajutorul lunetei paralele.

Aparatul binocular este prevăzut cu un inel excentric, care are o excentricitate de circa 0,5 mm în care se fixează montura obiectivului sertizat, realizându-se și reglajul paralelismului.

Axa de rotație în jurul căreia se rotesc cele două corpuri ale binoculului trebuie să fie paralelă cu axa optică a fiecărui corp. Deci paralelismul axelor constă în realizarea paralelismului celor trei axe.

În figura 23.19 este reprezentată schema nodului de lucru și aparatul folosit. Aparatul se compune



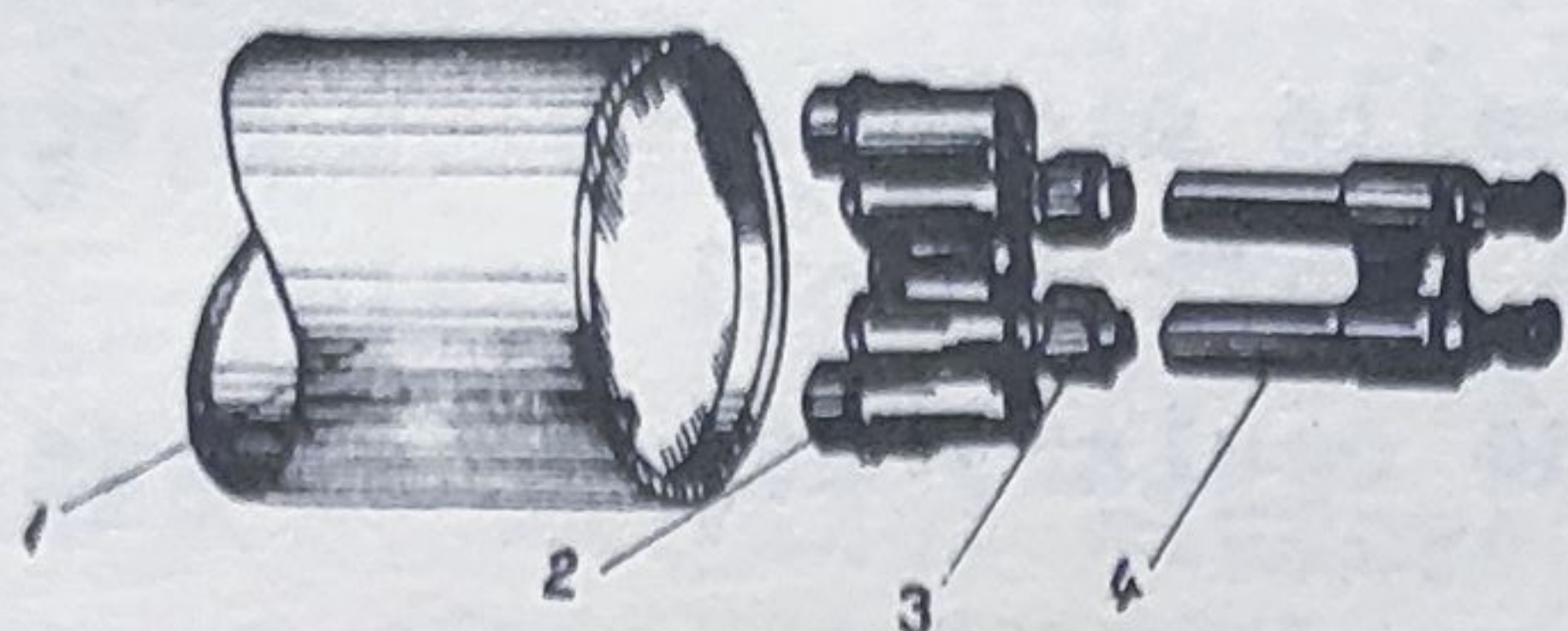


Fig. 23.19. Schema instalației pentru verificarea paralelismului axelor la binoclu.

dintr-un colimator cu deschidere mare 1, și luneta paralelă 4, între care se fixează binoculul 3 pentru verificarea paralelismului axelor. Binoculul se fixează cu un dispozitiv pe axa celor două corpuri și se întoarce

astfel încât centrul liniilor încrucișate ale colimatorului să se suprapună peste centrul liniilor încrucișate ale corpului stâng al binoculului și lunetei binoculare. Se rotește apoi corpul stâng al binoculului în jurul axului pînă în cealaltă poziție extremă. Centrele liniilor încrucișate ale colimatorului și lunetei binoculare din stînga trebuie să rămînă în aceeași poziție. Prin aceasta se realizează paralelismul dintre axul binoculului și axa optică a corpului din stînga. În continuare, prin rotirea corpului din dreapta, se observă dacă și acesta respectă condiția de paralelism. În caz contrar, se rotește inelul excentric al obiectivului 2 pînă se realizează paralelismul. Cu ajutorul lunetei paralele 4 se suprapune reticulul lunetei paralele din stînga, cu crucea colimatorului și se observă în luneta din dreapta dacă ne paralelismul se încadrează în dreptunghiul care indică abaterea admisibilă, atît pe verticală cît și pe orizontală.

Verificarea se face prin rotirea brațului la deschiderile maximă și minimă.



## CUPRINS

	Pag.
Cap.1. Noțiuni generale de tehnica securității muncii .....	3
1.1. Generalități.....	3
1.2. Legislația muncii.....	4
1.3. Accidente de muncă.....	6
1.4. Igiena muncii.....	7
1.5. Echipamentul individual de protec- ție.....	9
1.6. Manevrarea și depozitarea sticlei optice.....	10
1.7. Manipularea și depozitarea mate- rialelor inflamabile.....	11
1.8. Măsuri de prim ajutor în caz de accidentare.....	13
1.9. Măsuri de prevenire a incendiilor.	15
Cap.2. Elemente de optică geometrică.....	16
2.1. Propagarea rectilinie a luminii...	16
2.2. Legile reflexiei.....	18
2.3. Legile refracției.....	25
2.4. Lentile.....	33
Cap.3. Sticla optică.....	49
3.1. Natura sticlei.....	49
3.2. Sticle industriale și compoziția lor.....	51
3.3. Proprietățile sticlei optice.....	54
3.4. Clasificarea sticlelor optice.....	68
3.5. Alte tipuri de sticle optice folosite în construcția aparate- lor optice.....	69
3.6. Fabricarea sticlei optice.....	72
Cap.4. Semifabricate folosite la fabricarea pieselor optice.....	85
4.1. Obținerea semifabricatelor prin înmuiere.....	86
4.2. Obținerea semifabricatelor prin presare.....	90



	Pag.
4.3. Carotarea.....	96
4.4. Controlul final al semifabricatelor și reguli de recepție a lor.....	96
Cap.5. Condițiile tehnice impuse pieselor optice.....	98
5.1. Tipuri de piese optice.....	98
5.2. Calitatea suprafețelor pieselor optice.....	98
5.3. Precizia de prelucrare a suprafețelor optice.....	99
5.4. Toleranțe privind precizia de prelucrare a pieselor optice..	109
Cap.6. Bazele tehnologiei de fabricație a pieselor optice.....	114
6.1. Operațiile specifice prelucrării pieselor optice.....	114
6.2. Materiale abrazive de șlefuit și polisat.....	117
6.3. Scule și dispozitive pentru prelucrarea sticlei.....	128
6.4. Prelucrarea sticlei cu abrazivi liberi și legați.....	130
6.5. Prelucrarea sticlei cu scule metalice.....	137
6.6. Operațiile de șlefuire.....	138
6.7. Polisarea sticlei.....	141
6.8. Adaosuri de prelucrare. Calculul dimensiunilor semifabricatelor.....	148
Cap.7. Operații auxiliare în prelucrarea pieselor optice.....	156
7.1. Gruparea și fixarea semifabricatelor. Scop. Metode.....	156
7.2. Prinderea prismelor și semifabricatelor plane prin presare în dispozitive.....	157
7.3. Lipirea semifabricatelor.....	158
7.4. Blocarea elastică și rigidă a pieselor.....	162



	<u>Pag.</u>
7.5. Blocarea prismelor cu soluții care se solidifică.	173
7.6. Metode precise de blocare a pieselor.....	177
7.7. Lăcuirea.....	180
7.8. Deblocarea pieselor.....	182
7.9. Spălarea pieselor.....	184
7.10. Materiale de șters.....	187
Cap.8. Debitarea manuală a sticlei.....	187
8.1. Trasarea.....	188
8.2. Crestarea.....	189
8.3. Despizarea.....	190
8.4. Găurirea.....	192
Cap.9. Mașini pentru șlefuirea și polisarea pieselor optice cu abrazivi și cu pulberi de polisat.....	197
9.1. Generalități.....	197
9.2. Mașini de eboșat plan manual cu abrazivi liberi.....	199
9.3. Mașini de eboșat sferic manual cu abrazivi liberi.....	202
9.4. Mașini de șlefuit fin și polisat sferic și plan cu abrazivi liberi.....	203
9.5. Mașini de șlefuit și polisat de construcție modernă.....	207
9.6. Mașini de polisat sferic de mare productivitate.....	209
9.7. Mașini de polisat plan și sferic de mare productivitate.....	211
9.8. Dispozitive pentru alimentarea cu suspensie.....	213
Cap.10. Dispozitive pentru prelucrarea sticlei cu abrazivi liberi.....	215
10.1. Dispozitive de lucru principale.....	215
10.2. Dispozitive specifice pentru prelucrări pe mașini.....	226



Cap.11. Influența principalilor factori tehnologici asupra uniformității uzurii blocului și dispozitivului....	Pag.
11.1. Influența variației vitezei liniare la prelucrare.....	229
11.2. Influența variației cursei antrenorului asupra intensității procesului.....	230
11.3. Influența variației presiunii.....	231
11.4. Influența dimensiunilor dispozitivului.....	231
11.5. Influența fărâmițării neuniforme a granulelor de abrazivi.....	233
11.6. Influența reglării dispozitivului.....	233
11.7. Influența poziției reciproce a blocului și dispozitivului.	234
11.8. Recomandări privind reglarea mașinilor și conducerea procesului de lucru la mașinile cu antrenor oscilant și rotire liberă a blocului sau dispozitivului.....	234
Cap.12. Șlefuirea brută a pieselor optice.	236
12.1. Șlefuirea brută a lentilelor	238
12.2. Șlefuirea brută a lamelor plan-paralele și a penelor optice.....	239
12.3. Șlefuirea brută a prismelor.	247
12.4. Regimuri de lucru la degroșare și șlefuire brută.....	250
Cap.13. Șlefuirea medie și fină a pieselor optice.....	253
13.1. Șlefuirea medie și fină a lentilelor.....	255
13.2. Șlefuirea medie și fină a lamelor plan-paralele și a penelor optice.....	256
13.3. Șlefuirea medie și fină a prismelor.....	260
	261



	Pag.
13.4. Regimuri de prelucrare la şlefuirea medie şi fină....	263
Cap.14. Tehnologia polisării sticlei.....	264
14.1. Polisarea pe suporturi de pîslă.....	265
14.2. Polisarea pe suporturi de mastic.....	267
14.3. Alte suporturi folosite la prelucrarea sticlei.....	270
14.4. Regimuri de lucru la polisare.....	271
Cap.15. Prelucrarea manuală a pieselor optice.....	272
15.1. Generalităţi.....	272
15.2. Prelucrarea manuală a lentilelor.....	275
15.3. Prelucrarea manuală a lamelor plan-paralele.....	278
15.4. Prelucrarea manuală a prismelor.....	279
15.5. Prelucrarea calibrelor optice.....	281
Cap.16. Prelucrarea sticlei optice cu scule din diamant sinterizat.....	285
16.1. Scule din diamant.....	285
16.2. Confectionarea sculelor cu diamant.....	288
16.3. Formele, dimensiunile şi destinaţia sculelor.....	291
16.4. Maşini-unelte care utilizează scule cu diamant.....	303
Cap.17. Centrarea, debordarea şi teşirea finală a lentilelor.....	362
17.1. Centrarea lentilelor.....	362
17.2. Debordarea suprafeţelor cilindrice ale lentilelor..	372
17.3. Verificarea centrării lentilelor.....	381
17.4. Teşirea finală (faşetarea) a lentilelor.....	382



	Pag.
Cap.18. Tehnologia de execuție a pieselor optice.....	384
18.1. Tipuri de producție.....	384
18.2. Procesul de fabricație.....	386
18.3. Procesul tehnologic.....	388
18.4. Tehnologia de execuție a lentilelor.....	393
18.5. Tehnologia de execuție a prismelor.....	401
Cap.19. Prelucrarea suprafețelor asferice	412
19.1. Generalități.....	412
19.2. Generarea suprafețelor asferice prin metoda îndepărtării mecanice a adaosului de prelucrare.....	413
19.3. Prelucrarea suprafețelor torice.....	417
19.4. Prelucrarea suprafețelor cilindrice.....	420
19.5. Prelucrarea suprafețelor asferice cu profil oarecare	422
19.6. Prelucrarea fiolelor pentru nivele.....	423
19.7. Controlul suprafețelor asferice.....	428
19.8. Controlul nivelelor.....	430
Cap.20. Îmbinarea pieselor optice.....	432
20.1. Generalități.....	432
20.2. Asamblarea pieselor optice prin lipire.....	434
20.3. Asamblarea pieselor optice prin contact optic.....	444
20.4. Verificarea pieselor lipite	445
Cap.21. Confecționarea scărilor gradate și reticulelor.....	448
21.1. Generalități.....	448
21.2. Metode de confecționare a reticulelor.....	450
21.3. Mașini pentru trasarea reticulelor.....	451

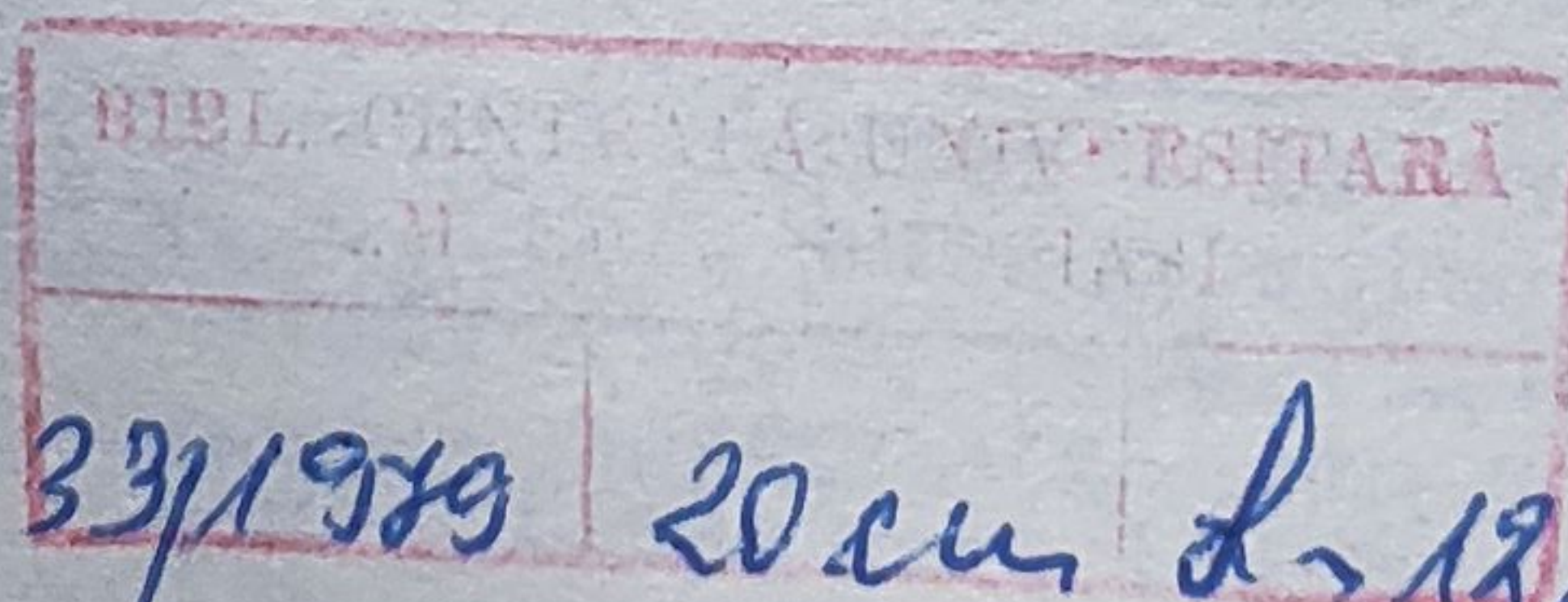


	Pag.
21.4. Gravarea prin șlefuire cu abrazivi.....	456
21.5. Gravarea prin așchiere cu diamant.....	457
21.6. Gravarea reticulelor prin trasare pe pelicule elastice și corodare chimică.	459
21.7. Gravarea prin trasare pe pelicule metalice sau din vopsele.....	466
21.8. Executarea reticulelor prin metode fotografice..	468
21.9. Metode speciale de protecție a reticulelor.....	471
21.10. Verificarea finală a reticulelor.....	472
Cap.22. Aplicarea peliculelor pe suprafața pieselor optice.....	474
22.1. Tipuri de pelicule.....	474
22.2. Aplicarea peliculelor prin metode chimice.....	482
22.3. Aplicarea peliculelor prin metode fizice.....	494
22.4. Verificarea straturilor depuse.....	507
Cap.23. Metode precise de verificare și măsurare a pieselor optice.....	513
23.1. Controlul dimensiunilor liniare .....	514
23.2. Controlul dimensiunilor unghiulare .....	514
23.3. Controlul formei suprafețelor optice .....	517
23.4. Verificarea proprietăților sticlei optice .....	525
23.5. Controlul centrării lentilelor .....	537
23.6. Verificarea distanțelor focale și frontifocale...	538
23.7. Verificarea puterii separatoare .....	540



	Pag.
23.8. Verificarea dedublării prismelor .....	541
23.9. Verificarea și măsurarea sistemelor optice..	542

681.4



*manuel*

Coli de tipar: 3475  
 Tiraj: 720 + 65 ex. broșate  
 Bun tipar: septembrie 1978  
 Nr. plan Editură: 12 219

I.P. "Buletinul Oficial" Atel. III Izvor 137  
 cda. 15372/1978